

**CONVERTIR A GAS NATURAL UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA
IGNICIADO POR CHISPA**

**HUGO ENRIQUE RINCON CAMACHO
MILLER SANCHEZ ALMARIO**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIAS
DEPARTAMENTO DE AUTOMATICA Y MECANICA
PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA
SANTIAGO DE CALI
2003**

**CONVERTIR A GAS NATURAL UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA
IGNICIADO POR CHISPA**

**HUGO ENRIQUE RINCON CAMACHO
MILLER SANCHEZ ALMARIO**

**Trabajo presentado como requisito para optar al título de:
INGENIERO MECANICO**

**Director
CARLOS HERNAN APONTE
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIAS
DEPARTAMENTO DE AUTOMATICA Y MECANICA
PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA
SANTIAGO DE CALI
2003**

Nota de aceptación

**Trabajo de grado aprobado por el director
Asignado de la facultad de ingeniería, en
cumplimiento de los requisitos exigidos por la
Universidad Autónoma de Occidente para optar
al título de Ingeniero mecánico.**

**Sustentación realizada el día 13 de diciembre de
2003.**

NESTOR PINCAY

JURADO

ALFREDO ARAGON

JURADO

Santiago de Cali, 13 de diciembre de 2003

Dedico este trabajo a mi esposa Elizabeth, a mis hijos, a mi padre, pero en especial a la memoria de mi madre. Se que esto le habría dado un momento de felicidad

Agradezco el esfuerzo y tiempo dedicado por mi esposa Maria Lucy, y mis hijos, para poder sacar adelante este proyecto, e igualmente dedicarlo a mis padres.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

David Enrique Rincón, por poner a nuestra disposición sus vastos conocimientos en sistemas.

Carlos Hernán Aponte ingeniero mecánico y director del proyecto, por sus continuos aportes y valiosa colaboración.

Néstor Pincay, Ingeniero Mecánico, gran amigo y compañero, sin su ayuda hubiera sido imposible la culminación de este trabajo.

Guillermo Fajardo. Ingeniero Mecánico. Su desinteresada colaboración y su optimismo fueron nuestro apoyo en todo momento.

Oscar Espinal Ingeniero Mecánico, siempre dispuesto a colaborar.

Víctor Manuel Mendoza. Ingeniero Mecánico. Sus enseñanzas fueron indispensables, para la elaboración de este manual.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	20
INTRODUCCION	
20_Toc55817474	
1 EL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA	26
1.1 BREVE RESEÑA HISTÓRICA	26
1.2 TIPOS DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA INTERMITENTE	29
1.3 SISTEMAS DE ENCENDIDO MOTORES IGNICIADOS POR CHISPA	32
1.3.1 Clases de encendido	32
1.3.1.1 Sistema electromecánico de encendido con distribuidor	34
1.3.1.2 Sistema electrónico de encendido con distribuidor	36
1.3.1.3 Sistema computarizado de encendido con distribuidor	37
1.3.1.4 Sistema de encendido sin Distribuidor DIS	39
1.4 SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE	40

1.4.1 Sistema Carburado	40
1.4.2 Sistema de Inyección	42
1.4.2.1 Sistema de Inyección Mecánica	44
1.4.2.2 Sistema de Inyección Electrónica	45
1.4.2.3 Sistema de inyección Monopunto	46
1.4.2.3.1 Sistema central interno	46
1.4.2.4 Sistema de inyección Multipunto	47
1.4.2.4.1 Sistema multipunto continuo	47
1.4.2.4.2 Sistema multipunto de bancada	48
1.4.2.4.3 Sistema multipunto secuencial	48
2. GAS NATURAL	50
2.1 BREVE RESEÑA HISTÓRICA	50
2.2 DESARROLLO DE LA INFRAESTRUCTURA DEL GAS NATURAL	52
2.3 EL GAS NATURAL EN COLOMBIA	54
2.4 QUE ES EL GAS NATURAL	56

2.5 ORÍGENES DEL GAS NATURAL	58
2.6 COMPOSICIÓN QUÍMICA	58
2.7 CALIDAD DEL GAS NATURAL	61
3. GAS NATURAL COMPRIMIDO VEHICULAR	63
4. PROCESO DE PRECONVERSION	66
4.1 EQUIPO DE DIAGNOSTICO PARA CONVERSIÓN	66
4.2 INSPECCIÓN DE PRE-CONVERSIÓN	68
4.2.1 Verificación de estado y carga de batería	68
4.2.2 Verificación del control y estabilidad del sistema de carga	70
4.2.3 Verificación del sistema de encendido	72
4.2.4 Prueba de Rizado del alternador.	74
4.2.5 Verificación del estado del arranque	74
4.2.6 Verificación del estado mecánico del motor.	75
4.2.6.1 Prueba de compresión.	76
4.2.6.2 Prueba del vacío dinámico del motor.	78

4.2.6.3 Prueba de fugas de cilindro	79
4.2.6.4 Prueba de balance de cilindros.	79
4.2.6.5 Verificación de la correa o cadena de distribución mecánica.	79
4.2.6.6 Verificación de la existencia de fugas en el múltiple y ductos de admisión.	80
4.2.6.7 Verificación del estado y funcionamiento del sistema de control en marcha mínima.	81
4.2.6.8 Verificación del estado del sistema de alimentación.	82
4.2.6.9 Verificación del sistema de refrigeración.	83
4.2.7 Verificación del estado físico de la carrocería.	84
4.2.8 Análisis de gases.	84
5. EQUIPOS DE CONVERSION A GNCV	86
5.1 TIPOS DE EQUIPOS	86
5.1.1 Equipo de Primera Generación.	86
5.1.2 Equipo de Segunda Generación.	86
5.1.3 Equipo de Tercera Generación.	87

5.1.4	Equipo de cuarta generación.	87
5.2	ELEMENTOS DE UN KIT DE CONVERSIÓN.	87
5.2.1	Cilindro de Almacenamiento.	87
5.2.2	El Mezclador	90
5.2.2.2	Mezclador tipo Brida.	91
5.2.2.3	Mezclador tipo Plato.	91
5.2.2.4	Mezclador tipo Tubos	91
5.2.3	El Regulador de Presión.	92
5.2.4	Válvulas de cierre de emergencia.	94
5.2.5	Electro válvulas de corte de combustible.	95
5.2.6	La Válvula de llenado.	97
5.2.7	Tuberías, mangueras y accesorios.	98
5.2.8	Sensor de oxígeno.	100
5.2.9	Variador de avance.	100
5.2.10	Emulador de Inyectores.	102
5.2.11	Manómetro de presión.	103

6. INSTALACION DE UN KIT DE CONVERSION.	104
6.1 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE LLENADO Y ALMACENAMIENTO.	105
6.1.1 Instalación de la válvula de llenado.	106
6.1.2 Instalación del cilindro de almacenamiento.	107
6.1.3 Instalación de la válvula de cilindro.	109
6.1.4 Instalación del conjunto de ventilación.	110
6.1.5 Instalación de la tubería de alimentación.	112
6.2 INSTALACIÓN SISTEMA DE REGULACIÓN Y DOSIFICACIÓN	114
6.2.1 Instalación del regulador o reductor de presión	115
6.2.2 Instalación del mezclador.	119
6.3 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL	121
6.3.1 Instalación del conmutador o selector de combustible.	122
6.3.2 Instalación del Variador de Avance	125
<u>6.3.3 Instalación del control de mezcla LES- 98</u>	128
6.3.4 Instalación del Sensor de Oxígeno	129

6.3.5 Instalación del motor paso a paso.	130
6.3.6 Instalación del manómetro.	130
7. PROCESO DE POST-CONVERSION	132
7.1 PRUEBAS DE FUGAS EN TODO EL SISTEMA DE GNCV	132
7.2 CHEQUEO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO	133
7.3 CHEQUEO DE MARCHA RALENTÍ	133
7.4 SELECTOR-INDICADOR DE COMBUSTIBLE	134
7.5 ELECTRO VÁLVULAS DE COMBUSTIBLE	134
7.6 AVANCE DEL ENCENDIDO	134
7.7 EMULADOR DE INYECTORES	134
7.8 PRUEBA DEL VEHÍCULO EN CARRETERA.	135
7.9 REVISIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO	135
BIBLIOGRAFIA	136

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Regulación de emisiones según normas Europeas	24
Tabla 2 Composición del Gas Natural (% Vol.)	56
Tabla 3 Compuestos químicos presentes en el Gas Natural	59
Tabla 4 Principales Alcanos Normales	60
Tabla 5 Composición Química de los principales Gases Naturales Colombianos	61
Tabla 6. Propiedades Del Gas Natural	62
Tabla 7 Propiedades de algunos combustibles	65
Tabla 8. Normalización de colores para instalaciones eléctricas con GNCV	124

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 Ciclo Otto Ideal	29
Fig. 2 Sistemas de Encendido	33
Fig. 3 Sistema de Encendido Electromecánico con Distribuidor	36
Fig. 4 Sistema Electrónico	37
Fig. 5 Sistema de Encendido Computarizado	38
Fig. 6 Sistema de Encendido Electrónico Sin Distribuidor DIS	39
Fig. 7 Entrada de combustible a la cámara de combustión	41
Fig. 8 Principio de funcionamiento de un carburador	42
Fig. 9 Sistema de inyección de combustible indirecto monopunto	43
Fig. 10 Ubicación de un sistema de inyección de combustible monopunto	44
<u>Fig. 11 Sistema de inyección central Externo</u>	47
Fig. 12 Sistema de inyección de combustible Multipunto	48
Fig. 13 Sistemas de inyección de combustible por bancada y secuencial	49

Fig.14 Ruinas del Templo de Delphi en Grecia	52
Fig. 15 Construcción de la primera línea de Gas Natural de larga distancia	53
Fig. 16 Yacimientos y estado de transmisión de Gas Natural en Colombia	57
Fig. 17 Primer Vehículo a Gas Natural	64
Fig. 18 Verificación del estado y carga del acumulador	68
Fig 19 Prueba de estabilidad del sistema de carga	71
Fig. 20. Pruebas del sistema de encendido	72
Fig. 21 Prueba de compresión	77
Fig. 22 Prueba vacío dinámico del motor	78
Fig. 23 Correa y puntos de distribución.	80
Fig. 24 Verificación de fugas en el sistema de admisión	81
Fig. 25 Circuito de marcha mínima	82
Fig.26 Sistema de refrigeración	83
Fig.27 Análisis de gases	85
Fig. 28 El Kit básico de conversión a GNCV	85

Fig. 29 Fabricación de los cilindros de almacenaje.	88
Fig. 30 Corte de un cilindro de almacenaje	89
Fig. 31 Ubicación de algunos tipos de mezcladores	90
Fig. 32 Conexión de las mangueras de refrigeración al reductor	93
Fig. 33 Posición del filtro en el Regulador	94
Fig. 34 Válvula de cierre de emergencia	95
Fig.35 Esquema de la Electro válvula de gasolina	96
Fig.36 Electro válvula de corte de combustible	97
Fig.37 Válvula de llenado tipo NGV 1	97
Fig. 38 Flujo de gas del cilindro al regulador.	98
Fig. 39 Comparación de la expansión del frente de llama.	101
Fig. 40 El Emulador de inyectores y su funcionamiento.	103
Fig. 41. Kit de conversión a GNCV	104
Fig. 42. Plano de instalación de la válvula de llenado	105
Fig. 43 Válvula de llenado	106

Fig. 44. Cilindro de almacenaje	107
Fig. 45. Algunos sitios de instalación de los cilindros	108
Fig. 46. Válvula de cilindro	109
Fig. 47. Diagrama Sistema de ventilación. Fig. 48. Sistema de ventilación en uso	111
Fig. 48. Tubería de alta presión y sus componentes	112
Fig. 49. Instalación de la tubería de alta presión	113
Fig. 50. Elementos del sistema de dosificación	114
Fig. 51. Regulador de presión	115
Fig. 52. Reducción de presión en un regulador	116
Fig. 53. Etapas de reducción de presión dentro del regulador	117
Fig. 54. Regulador de presión con tornillo de control de mínima No 1 y Electro válvula de gas	
No 2	118
Fig. 55. Electro válvula de gas sin bobina	119
Fig. 56. Tornillo de control de mínima.	119
Fig. 57. Ubicación del mezclador en el cuerpo de aceleración.	120

Fig. 58. Diagrama de un mezclador Landi venturi tipo plato	121
Fig. 59. Forma de instalar los elementos de control	122
Fig. 60. Conmutador Manual	123
Fig. 61. Conmutador automático	123
Fig. 62. Conmutadores landi.	123
Fig.63. Diagrama eléctrico para componentes del sistema de control	124
Fig. 64. Comparación de Avance de chispa, para Gasolina y Gas Natural Comprimido.	125
Fig. 65. Variador de Avance y sus conexiones	126
Fig. 66. Diferentes posiciones del Variador de Avance	127
Fig. 67. Sistema LES-98	128
Fig.68. Instalación del sensor de oxigeno	129
Fig.69. Motor paso a paso	130
Fig. 70. Diagrama motor paso a paso	130
Fig. 71. Manómetro de presión	131
Fig. 72. Prueba de fugas con Helio	132

RESUMEN

Desde los años de 1.860 a 1.876 personajes como el Francés Etienne Lenior, el Francés Alphonse Beau de Rochas y el Alemán Nikolaus August Otto se dedicaron a estudiar el principio de funcionamiento del motor de 4 tiempos, dando paso al Motor de combustión interna. Iniciándose así un gran desarrollo tecnológico que permitiera regular y controlar más eficientemente las emisiones de gas contaminante, el cual es uno de nuestros mayores problemas.

Existen diferentes tipos de motores de combustión interna, como son:

- 1.-Motores de 4 tiempos de encendido provocado (MEP) (Igniciado por chispa)
- 2.-Motores de 4 tiempos de encendido por compresión (MEC)
- 3.-Motores de 2 tiempos de encendido provocado
- 4.-Motores de 2 tiempos de encendido por compresión

Para nuestro caso como es la conversión del Gas Natural Vehicular nos concentraremos en el motor a gasolina los que son igniciados por chispa, cuyas características es la de iniciar la mezcla. Aire-combustible a través de una chispa eléctrica provocada por un pulso de alto voltaje entre los electrodos de las bujías

En el capítulo 3 hacemos una breve reseña histórica del Gas Natural y de su desarrollo donde

la mayor dificultad se presentó en la necesidad de contar con las tuberías para movilizarlo y los sitios para almacenarlos. Se hace una descripción de qué es el Gas Natural y su composición química, como también de los sitios de Colombia donde se ha extraído.

En lo que nos compete a este proyecto en el capítulo 4 nos adentramos a lo que es el Gas Natural Comprimido Vehicular (GNCV) como combustible sustituto al de gasolina en los motores de combustión interna, también se muestran las ventajas sobre los combustibles convencionales (gasolina, diesel).

Ya en el capítulo 5 empezamos a desarrollar el proceso de pre-conversión el cual se realiza en varias etapas, siendo este el paso más importante ya que de este depende el éxito de la conversión en los vehículos. Este proceso consiste en realizar un diagnóstico de cada uno de los componentes de un vehículo para garantizar que estén en óptimas condiciones y puedan realizar un funcionamiento eficiente al trabajar con GNCV.

En el capítulo 6 hacemos referencia a un conjunto de elementos electrónicos y/o electromecánico que conforman el equipo de conversión a GNCV que se instalará en los motores de combustión interna a gasolina. El Kit ó componente varían de acuerdo al modelo del vehículo.

El paso siguiente es la instalación de estos equipos ó Kit en los motores de combustión interna a gasolina detallando la secuencia del montaje paso a paso en el capítulo 7.

Para finalizar en el capítulo 8 se verifican y se hacen pruebas de todos los equipos instalados en los vehículos convertidos a GNCV chequeando que trabajen eficientemente y estén bien acoplados.

INTRODUCCION

El motor de combustión interna ya sea operado con Gasolina o Diesel, es el causante de aproximadamente el 70% de la contaminación ambiental en el mundo. Conscientes de este problema, los gobiernos se han visto avocados a regular cada vez más estrictamente los residuos o emisiones generados por la combustión de los motores. Las exigencias de los organismos gubernamentales son cada vez más rigurosas, como lo demuestra la tabla 1 según las normas Europeas que hoy en día son aceptadas en casi todos los países del mundo. 160 países se han reunido en un esfuerzo para reducir las emisiones de gases de invernadero en lo que se ha llamado el Protocolo de Kyoto. Según este convenio entre los años 2,008 y 2,010 las emisiones se deben reducir en un 5,2 % respecto al Año 1.990. El Gas Natural Vehicular surge como una alternativa para reducir en un gran porcentaje las emisiones contaminantes, ya que puede aceptar regulaciones aun mucho más exigentes, y al mismo tiempo presentar una solución al constante aumento en el precio de los combustibles en el mundo, pues representa una economía aproximada del 45% con relación al precio de la Gasolina.

La nueva tecnología nos permite utilizar un motor convencional de combustión interna igniciado por chispa sin ninguna modificación y mediante la instalación de un Kit, convertirlo a Gas Natural Comprimido Vehicular GNCV, siguiendo los parámetros y normas vigentes de la legislación Colombiana contemplados en el decreto 1605 del 3 de Julio de 2002, expedido por la presidencia de la republica y basado en la resolución 80582 de Abril de 1996 del

Ministerio de Minas y Energía.

Tabla 1 Regulación de emisiones según normas Europeas

Combustible	Año	CO	HC	HC+Nox	Nox	PM
GASOLINA						
EURO 1	1992	2.72		0.97		
EURO 2	1996	2.2		0.5		
EURO 3	2000	2.3	0.2		0.15	
EURO 4	2005	1	0.1		0.08	
DIESEL						
EURO 1	1992	2.72		0.97		0.14
EURO 2	1996	1		0.7		0.08
EURO 3	2000	0.64		0.56	0.5	0.05
EURO 4	2005	0.5		0.3	0.25	0.025

Fuente. The UK National Air Quality Information Archive

Durante el desarrollo de este manual se mostrará paso a paso como se efectúa este procedimiento, comenzando con la pre-conversión, posiblemente la etapa mas importante, que consiste en la revisión y diagnostico detallados del vehículo que se desea convertir, luego el proceso de conversión propiamente dicho que consiste en la selección e instalación de los componentes del Kit de conversión y por último el proceso de post-conversión donde se efectúan todos los análisis, ajustes y mantenimiento posteriores a la conversión, que nos asegure un normal funcionamiento del vehículo.

El objetivo de este trabajo es la elaboración de un manual que sirva como fuente de información para los estudiantes interesados en conocer la nueva tecnología del GNCV, que es el mismo Gas Natural domiciliario, pero comprimido a presiones cercanas a 3,000 Psi para efecto de almacenaje dentro de un vehículo, y en un futuro llevar a cabo el desarrollo practico que consistiría en la conversión de un motor para utilizarlo en las pruebas de laboratorio de las áreas de ciencias térmicas y Mecánica de Fluidos de la CUAO.

1. EL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA

1.1 BREVE RESEÑA HISTÓRICA

El motor de combustión interna se remonta al año 1860, cuando un mecánico empírico Francés llamado Etienne Lenior revelo al mundo el primer motor de combustión interna que funciono. Por varias décadas los ingenieros se habían dado cuenta de la poca eficiencia del motor de vapor, y de lo deseable que seria tener un motor que quemara su combustible dentro de un cilindro en lugar de utilizarlo como intermediario para producir vapor.

Los inventores estuvieron tentados con el prospecto de un motor que eliminara los residuos del horno, del quemador, condensador y todas las válvulas y tuberías con la correspondiente perdida de energía calórica que esto involucraba. Hubo muchos diseños pero el de Lenior fue el primero que paso la etapa experimental, el trabajo con Gas de iluminación (De Carbón de Coque), el cual fue mezclado con aire, esta mezcla se introducía en un cilindro, a media carrera se igniciaba una chispa eléctrica, de esta forma solo la segunda mitad de cada carrera generaba potencia.

Sin embargo, el motor de Lenior era de doble actuación es decir que el combustible entraba al cilindro por cualquier lado del pistón en movimiento. En pocas palabras este diseño se mantuvo muy cercano al del motor de vapor tradicional. Pero así como este motor trabajó, lo hizo de una forma muy ineficiente consumiendo grandes cantidades de su costoso combustible, y a 100

Revoluciones por Minuto RPM, solo pudo entregar algo mas de 1 Caballo de Potencia HP; también era muy inestable y producía violentos choques con cada explosión, aunque Lenior trato de contrarrestarlo mediante el uso de resortes y otros implementos que absorbieran los choques.

En 1862 un Ingeniero Francés llamado Alphonse Beau de Rochas publicó un panfleto acerca del mejoramiento del diseño de locomotoras en el cual sugería la combinación del motor de vapor con el motor de gas, esto debiera llevarse a cabo haciendo que el motor trabajara en cuatro tiempos, el primero admisión durante una carrera completa del pistón el segundo de compresión durante la siguiente carrera, el tercero de ignición en el punto muerto y expansión durante la tercera carrera, y el cuarto expulsión de los gases quemados desde el cilindro en su cuarta y ultima carrera. Como nos damos cuenta el Ingeniero Rochas había captado el principio de funcionamiento del motor de cuatro tiempos, aun así el nunca trato de construir un motor con estas bases.

Independientemente de Beau De Rochas, el invento de Lenior fue tomado por Nikolaus August Otto, un agente viajero Alemán aun mas empírico como técnico que el mismo Lenior. Otto se dio cuenta que el problema radicaba en controlar la riqueza de la mezcla Gas Aire para que así el motor trabajara suave y eficientemente. En la mitad de los años 1860 el había desarrollado un motor en el cual la expulsión impulsaba un pistón hacia arriba dentro de un cilindro vertical, donde la contracción debida al enfriamiento del combustible quemado producía un vacío donde la presión atmosférica y la gravedad hacían regresar el pistón, volviendo así a la técnica de los motores de baja presión del siglo XVIII. El resultado fue aun bulloso y generaba muchos residuos, pero aun así fue un gran mejoramiento del diseño de Lenior.

Un día en 1875, Otto veía como salía el humo de una chimenea, grueso al principio luego se disipaba gradualmente en el aire, él supuso que de la misma forma sería posible tener una mezcla rica de combustible que sería acolchonada desde el pistón por una capa más delgada que evacuaría el aire inerte alrededor de él. Para realizar este concepto, Otto reinventó el ciclo de cuatro tiempos justo como De Rochas lo había imaginado, pero sin embargo lo llamó el Ciclo Otto y lo desarrolló en su Otto silencioso de 1876, el cual fue un gran éxito, generando 3 HP a 180 RPM. Aun así mantenía una peligrosa ignición de llama y gas de iluminación, donde Lenoir había usado una chispa, y el inventor austriaco Siegfried Marcus había diseñado en 1867 un carburador para convertir petróleo líquido en gas inflamable. La figura 1 muestra el ciclo Otto Ideal.

A partir de este momento se inicia una gran carrera tecnológica donde los científicos se esfuerzan cada día para mejorar sus diseños y hacer que el motor de combustión interna sea cada vez más eficiente, y al mismo tiempo cumpla con las cada vez más exigentes regulaciones sobre el control de Emisiones.

Dentro de los motores de combustión interna se incluyen los motores a Gasolina, Diesel, motores de Turbina a gas, motores Jet y Cohetes. Los motores de combustión interna son comúnmente divididos así: Los de combustión continua, donde el combustible y el aire fluyen constantemente y una llama es mantenida todo el tiempo que dura el funcionamiento del motor. Dentro de esta categoría tenemos los motores Jet, Cohetes, y los de Turbina a gas. Los de combustión intermitente donde discretas cantidades de aire y combustible son igniciados periódicamente. En esta categoría tenemos los motores a Gasolina y Diesel.

Durante la elaboración de este manual nos concentraremos en el motor a Gasolina

1.2 TIPOS DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA INTERMITENTE.

Motor de cuatro tiempos de encendido provocado (MEP). (Igniciados por chispa)

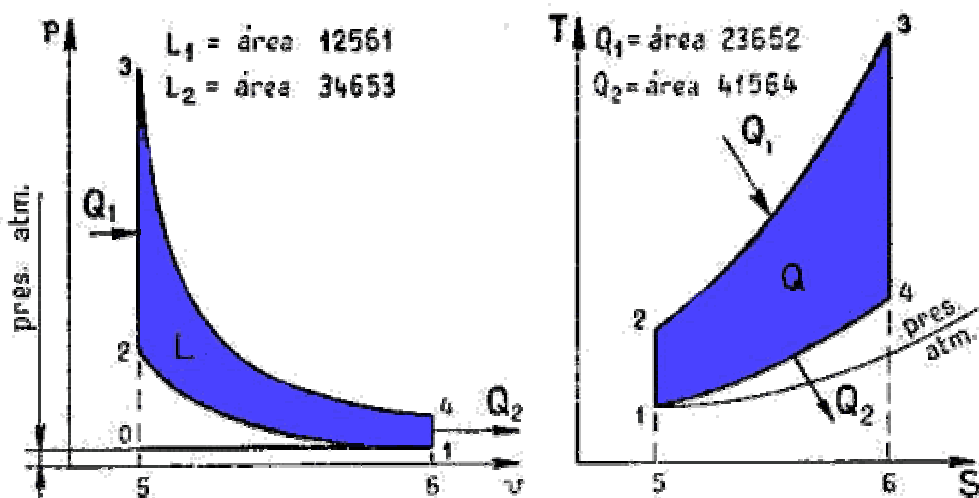
Motor de cuatro tiempos de encendido por compresión (MEC)

Motor de dos tiempos de encendido provocado

Motor de dos tiempos de encendido por compresión

Estos motores a excepción del motor Rotatorio, utilizan el principio del pistón reciprocante que consiste en un pistón que se desliza dentro de un cilindro hacia atrás y hacia delante transmitiendo fuerza a la flecha motriz, mediante un simple mecanismo de Biela Manivela.

Figura 1 Ciclo Otto Ideal



El funcionamiento de un motor de combustión interna consiste en:

Carrera de admisión, para inducir una mezcla fresca de aire combustible dentro del cilindro. Esta mezcla ha sido preparada en el carburador o en el múltiple de admisión por el sistema de control lógico. Esta carrera empieza con el pistón en el punto muerto superior (PMS). Para incrementar la masa admitida la válvula de admisión se abre ligeramente antes del PMS y se cierra después del punto muerto inferior (PMI).

Carrera de compresión. Se da cuando las válvulas están cerradas y el pistón empieza a subir comprimiendo la mezcla en el interior del cilindro hasta una pequeña fracción de su volumen inicial. Hacia el final de la carrera de compresión se inicia la combustión mediante una chispa eléctrica producida por una bujía, produciendo un rápido incremento de la presión y de la temperatura, este instante es denominado Avance y es medido en grados de rotación del eje del cigüeñal.

Carrera de expansión o de potencia, se inicia con el pistón en el PMS y finaliza en el PMI cuando los gases a alta presión y temperatura empujan el pistón hacia abajo y lo obligan a rotar el cigüeñal, transformando el movimiento lineal alternativo en movimiento circular. El trabajo que se logra es cerca de cinco veces mayor al realizado por el pistón durante la compresión. Antes de que el pistón alcance el PMI se abre la válvula de escape para iniciar el proceso de evacuación de los gases de escape. El calor generado por la combustión incrementa fuertemente la presión dentro del cilindro (entre 700 y 1000 Psi).

Carrera de escape, donde los gases quemados salen del cilindro debido al barrido del pistón en su movimiento ascendente. La válvula de escape se abre antes de que el pistón alcance el PMS y se cierra justo después de pasar por este punto. La evacuación total de estos gases depende de la correcta abertura de la válvula de escape, y de la hermeticidad de los anillos. Existe un instante durante este tiempo en el cual la válvula de admisión se abre mientras la válvula de escape se encuentra aun abierta, generando un barrido de flujo hacia el ducto de escape, mejorando de esta forma la evacuación de estos gases.

En los motores carburados el paso del aire dosifica la salida de combustible. La dosificación esta regulada principalmente por la velocidad de giro del Cigüeñal y la densidad del aire.

En el caso de los motores de control electrónico o de inyección, el aire es medido para dosificar la cantidad de combustible que es pulverizada en el inyector. El modulo de control electrónico del motor establece por medio de sensores tanto la presión barométrica como la temperatura del aire y el modo de funcionamiento del motor.

La relación que existe entre la cantidad de mezcla que entra al cilindro en el tiempo de admisión y el volumen desplazado por el pistón en la carrera descendente es conocida como **Eficiencia Volumétrica**, en los motores de aspiración natural este valor es de 65 a 85%. Y depende de los siguientes factores:

La hermeticidad en el cilindro o capacidad de compresión

El diseño de las válvulas y su asentamiento

El correcto tiempo de apertura y cierre de las válvulas

El estado del ducto de admisión de aire

El uso de sobrealimentadores y turbo

La presión atmosférica

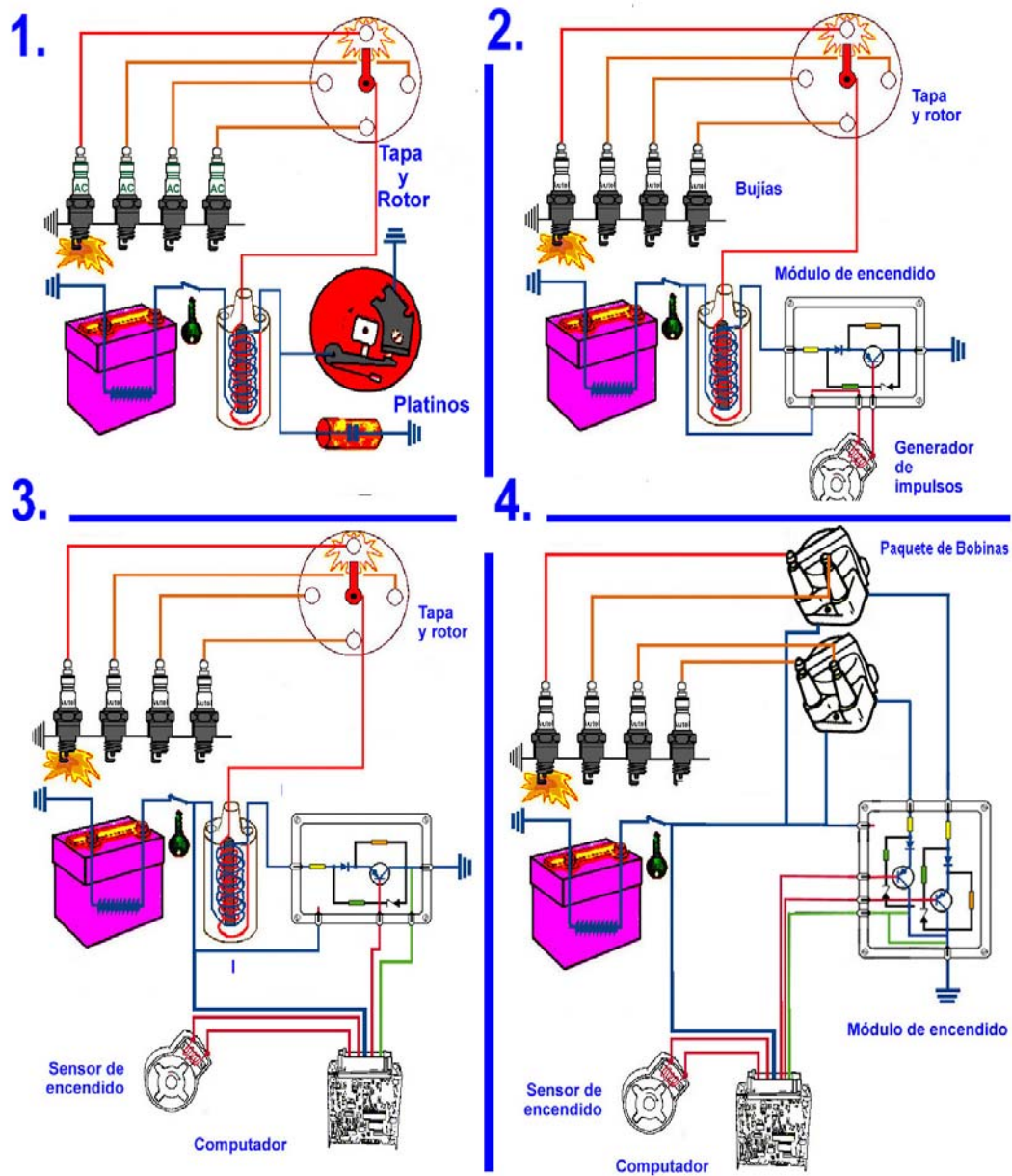
La velocidad del motor

1.3 SISTEMAS DE ENCENDIDO PARA MOTORES IGNICIADOS POR CHISPA

La función de un sistema de encendido es la de generar un pulso de alto voltaje que se transforma en chispa eléctrica entre los electrodos de la bujía para iniciar la mezcla aire combustible dentro de la cámara de combustión, además de controlar el tiempo en que el pulso debe ser generado. Una función adicional es la de modificar el avance cuando se produce el fenómeno de detonación. La figura 2 muestra los diferentes sistemas de encendido.

1.3.1 Clases de encendido Con distribuidor. Puede ser: Electromecánico, Electrónico, Computarizados sin distribuidor, se denomina DIS por sus siglas en Ingles; Distributor-less Ignition System.

Figura 2 Sistemas de Encendido



Antes de cubrir cada sistema vamos a ver los principios fundamentales de operación.

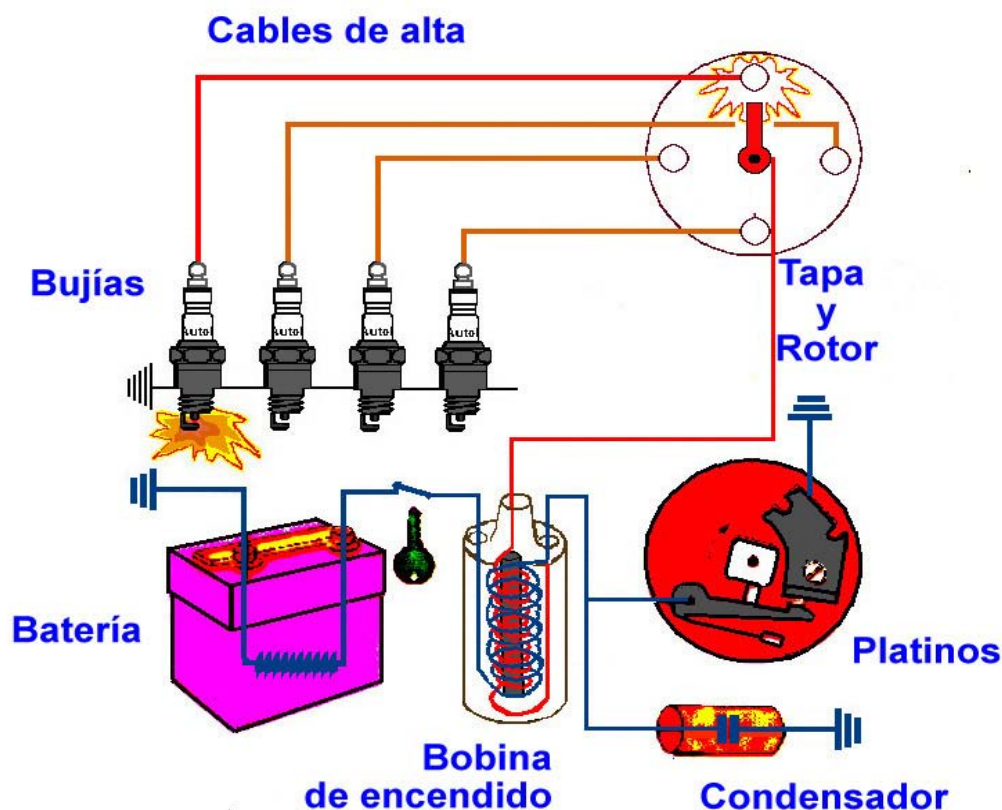
Para iniciar una mezcla de aire combustible es necesario tener ya sea una llama o una chispa. Dentro de una cámara de combustión es imposible mantener una llama por lo tanto lo ideal es una chispa. Lo siguiente será crear suficiente voltaje para que salte a través del espacio de aire que existe entre los electrodos de la bujía, con 12 voltios no se puede lograr, entonces se debe inducir un voltaje mucho mayor. La forma mas simple de lograrlo es cargando con doce voltios el embobinado primario de un transformador. Esto creara un campo magnético alrededor de un embobinado secundario en el mismo transformador. Cuando el voltaje del primer embobinado se anula y el campo magnético colapsa, habrá una inducción de voltaje proporcional al radio del embobinado entre el primario y el secundario. En un sistema de encendido, 12 voltios se pueden elevar fácilmente a 15.000 o 20.000 voltios, la bobina de un vehículo es un transformador. La mayoría de los sistemas de encendido, aplican 12 voltios a un lado del circuito primario al girar la llave a la posición de encendido.

1.3.1.1 Sistema electromecánico de encendido con distribuidor. Consta de: Distribuidor, Batería, Bobina de encendido, interruptor de encendido, Platinos, condensador, Bujías y cables de alta.

La batería envía 12 voltios al interruptor de encendido, al girar la llave el voltaje es enviado a un lado del embobinado primario de la bobina, cuando el motor gira, el eje de levas hace girar el eje del distribuidor una vez por cada dos rotaciones del cigüeñal por medio de un piñón, el eje del distribuidor esta dividido por unas levas cuyo numero depende del numero de cilindros del motor, estas levas abren los contactos de los platinos obstruyendo el camino de masa de la bobina, esto hace que cese el flujo de voltaje y que colapse el campo magnético. De esta forma se inducirá un

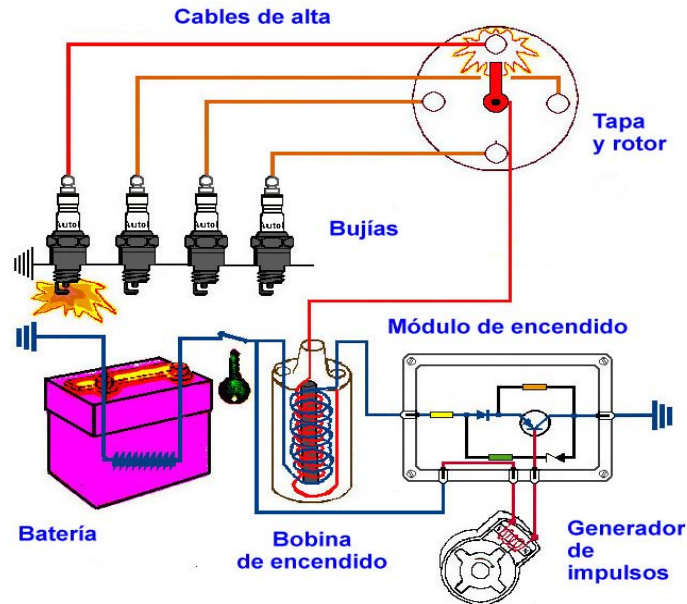
alto voltaje en el embobinado secundario de la bobina esperando encontrar un camino de masa. Este voltaje viaja a través del cable de la bobina a la tapa del distribuidor. Dentro de la tapa hay un rotor que esta en contacto directo con el cable de la bobina. El voltaje viaja desde el rotor a los cables de alta que están conectados a las bujías. El electrodo central de la bujía esta aislado de la parte exterior de ella. Esto permite que la parte roscada de la bujía este en contacto directo con una fuente de masa, facilitando el salto del alto voltaje desde el electrodo central al electrodo exterior. Esta chispa ocurre dentro de la cámara de combustión y si hay una mezcla fresca de aire combustible, esta se igniciara. La función del condensador es absorber los saltos parásitos de corriente que ocurren cuando los platinos se abren, produciendo un corte limpio del circuito, de esta forma el voltaje secundario alcanzara limites satisfactorios. El condensador proporciona un lugar donde la corriente del circuito primario pueda fluir cuando los platinos se abren La figura 3 nos muestra de una forma detallada todas las partes y el funcionamiento de un sistema electromecánico con distribuidor.

Figura 3 Sistema de Encendido Electromecánico con Distribuidor



1.3.1.2 Sistema electrónico de encendido con distribuidor. Funcionalmente es el mismo diseño anterior, pero en lugar de tener platinos utiliza un transistor eliminando así una parte móvil que puede presentar daños por desgaste. Cuando una punta magnética pasa por un punto de un relector, se induce un pequeño voltaje en el modulo de encendido. Este envía la señal al transistor para aislar la masa de la bobina induciendo el campo magnético que colapsara el circuito secundario de la bobina. La figura 4 muestra un sistema electromecánico donde se puede apreciar que los platinos han sido cambiados por un sistema de Modulo Electrónico y un generador de impulsos.

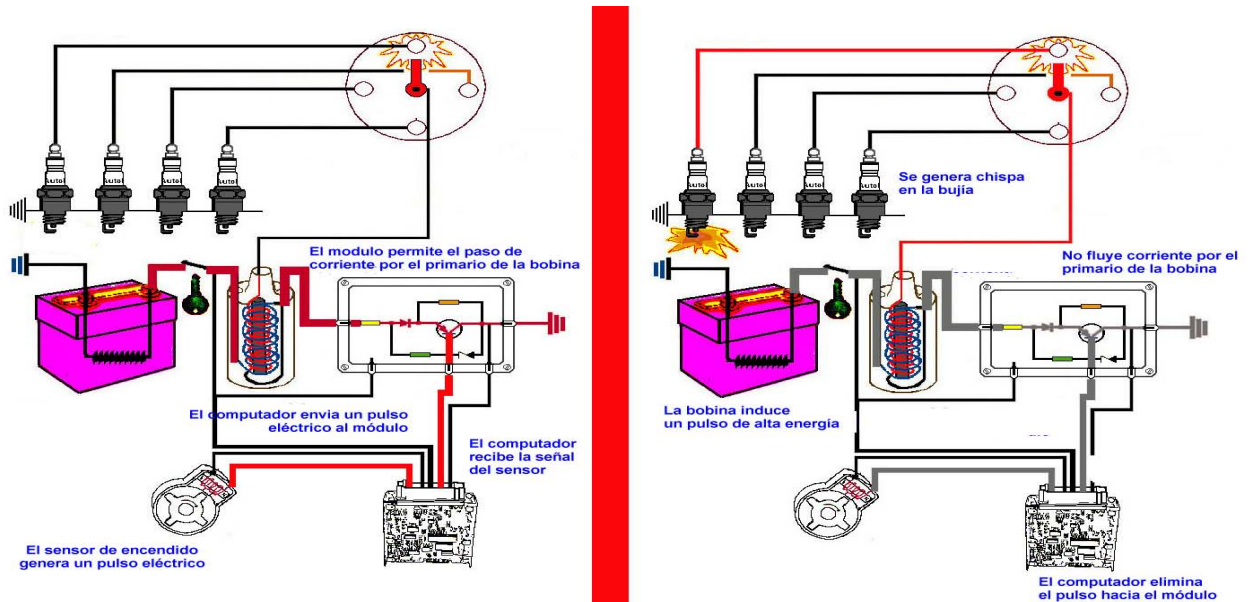
Figura 4 Sistema Electrónico



1.3.1.3 Sistema computarizado de encendido con distribuidor. Se diferencia del sistema anterior por la adición de un microcomputador que mediante la adición de sensores mide el vacío total del motor, el ángulo del acelerador, la temperatura del motor, la presión barométrica, la velocidad del vehículo y la temperatura del aire que entra al motor, después de tomar estos datos y compararlos con un modelo predeterminado hace los ajustes necesarios y calcula el avance preciso para un perfecto funcionamiento del motor. Antes del computador el avance se efectuaba por medio de un sistema de vacío que consistía de un diafragma conectado al distribuidor. Cuando el motor se encontraba bajo carga el vacío disminuía y un resorte avanzaba el tiempo para producir mas potencia, la curva de tiempo generada con este sistema era muy limitada de ahí que fuera necesario el uso de otro tipo de avance para usar en conjunto con el de vacío este otro tipo fue el avance centrifugo, el cual consistía en una serie de pesas dentro del distribuidor que

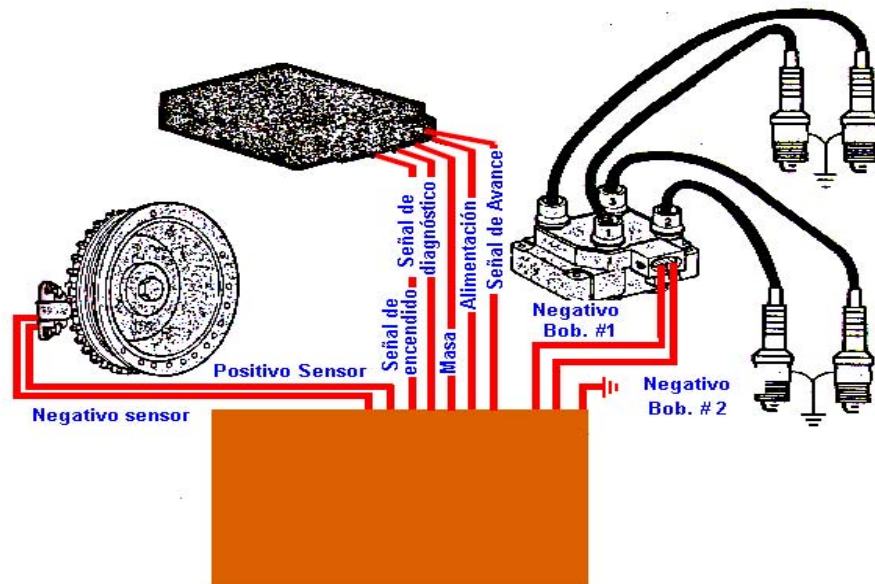
actuaban de acuerdo a las revoluciones del motor, a altas revoluciones avanzaba el tiempo un poco mas para lograr un mejor desempeño. Pero esto aun no era suficiente, es ahí donde interviene el computador, mediante la adición de mas circuitos al modulo de encendido, fue posible que el computador se dedicara exclusivamente a controlar el tiempo de avance. Cuando el modulo de encendido detecta 400 RPM del motor, envía el control del avance al computador. La figura 5 nos muestra el sistema de encendido computarizado.

Figura 5 Sistema de Encendido Computarizado



1.3.1.4 Sistema de encendido sin Distribuidor DIS. El continuo desgaste de las partes móviles dentro de un distribuidor y las consecuentes fallas que esto genera llevo a los fabricantes a diseñar un sistema compacto sin partes móviles y que además fuera mas eficiente, el resultado fue el DIS o Distributor-less Ignition System (Sistema de Encendido sin Distribuidor). El modulo de encendido debe saber cuando provocar las bobinas, así que se fundió al cigüeñal un anillo reluctor que hace que el sensor del cigüeñal envíe una señal al modulo de encendido avisándole al computador que hay un pistón subiendo. El computador decide cuando disparar o excitar la bobina. En un sistema convencional, cuando el circuito secundario descarga, el voltaje va directamente a tierra.

Figura 6 Sistema de encendido electrónico sin distribuidor DIS



En un sistema DIS, el voltaje sale de una bobina hacia la bujía, sigue a través del bloque, luego salta hacia atrás por la bujía opuesta y regresa a la bobina. El computador controla el negativo de cada paquete de bobinas para generar el pulso de alto voltaje. Cada bobina tiene su propio terminal negativo, esto quiere decir que si el sistema es de cuatro cilindros, se utilizan dos bobinas con un solo terminal de alimentación y dos terminales negativos. En la figura 6 se ve como las partes móviles del sistema de encendido han sido suprimidas y en su lugar se ha colocado un paquete de bobinas gobernado por un microcomputador.

1.4 SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE.

La función del sistema de alimentación de combustible es enviar constantemente una mezcla precisa de aire combustible al motor. Las condiciones de la mezcla y la cantidad varían de acuerdo a las cambiantes necesidades del motor.

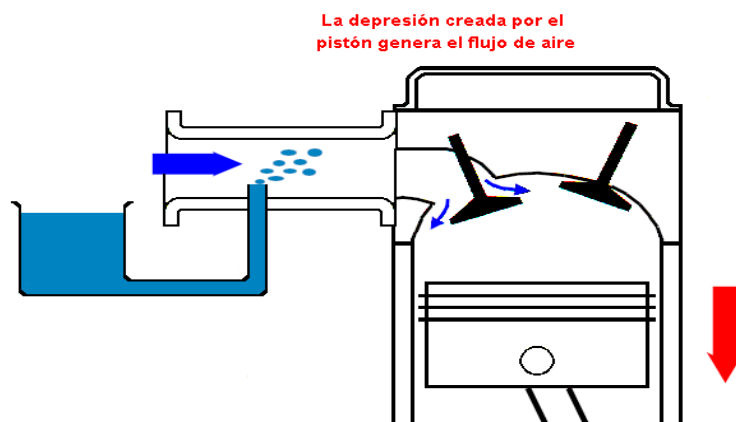
Existen dos tipos de sistemas de alimentación que son:

Sistemas carburados y Sistemas inyectados

1.4.1 Sistema Carburado. El elemento clave para que exista un sistema adecuado de combustible es el carburador, pues es el encargado de llevar a cabo la mezcla ideal para las diferentes condiciones de operación. La figura 7 muestra el funcionamiento básico del carburador. En los primeros días del automóvil era llamado Válvula Mezcladora, un nombre apropiado ya que su función consistía simplemente en mezclar aire y gasolina. Luego aunque aun

seguí mezclado aire gasolina, llegó a ser una unidad altamente desarrollada y compleja, de la cual se desarrollaron muchos tipos y tamaños los cuales comparten los mismos conceptos básicos.

Figura 7 Entrada de combustible a la cámara de combustión

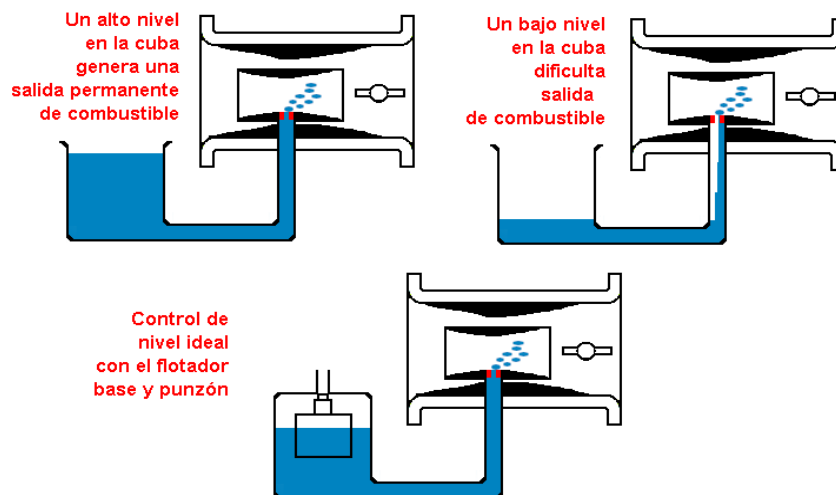


Funcionamiento.

En un motor en el tiempo de admisión, durante la carrera descendiente del pistón se crea una depresión en el cilindro que es llenada por aire, al entrar el aire al motor pasa en forma perpendicular al ducto de combustible succionando combustible el cual sale en forma de gotas. La figura 7 muestra este principio. Mediante la colocación de un venturi se logra aumentar la velocidad del aire. Para una misma fuerza de aspiración el paso de combustible se encuentra regulado por el ducto de salida, en el cual se ha ubicado una pequeña válvula que regula el flujo de combustible y el tamaño de las gotas, de acuerdo a su diámetro. A mayor diámetro de esta menor será el paso de combustible. El combustible proviene de un depósito en el mismo

carburador, cuyo nivel debe ser controlado ya que un nivel muy alto permite el paso de combustible con poca atomización, y un nivel muy bajo dificulta su salida al necesitar una mayor velocidad de aire, esta regulación se hace por medio de un sistema que consta de un flotador, base y punzón. La figura 8 muestra la ubicación de la válvula reguladora de flujo, y el correcto nivel del depósito de combustible dentro del carburador

Figura 8 Principio de funcionamiento de un carburador

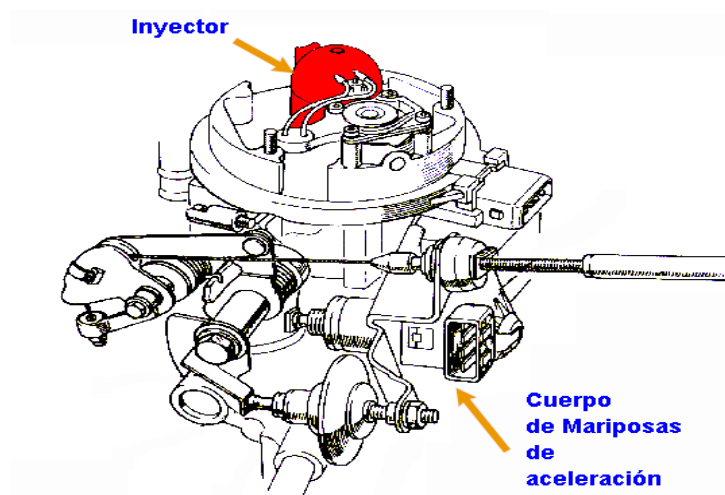


1.4.2 Sistema de inyección. Un sistema de inyección no utiliza carburador, combustible a presión es pulverizado por medio de un inyector a uno de tres lugares posibles. Si es pulverizado directamente dentro del cilindro se llama Inyección Directa. Si es pulverizado a la entrada del múltiple de admisión o un poco antes de la válvula de admisión se llama Inyección Indirecta. El sistema de inyección fue utilizado en los motores Diesel a mediados de los años 1.920, casi desde su introducción. Su eficiencia en motores de Gasolina se pudo comprobar en los motores de los

aviones de la segunda guerra mundial, y la primera vez que se utilizó en un vehículo de alta producción fue en 1.955 con la introducción del Mercedes 300 SL.

Este sistema se popularizó con la introducción de los sistemas de inyección controlados electrónicamente en los años de 1.980, sin este sistema hubiera sido imposible cumplir con las muy exigentes normas sobre control de emisiones y al mismo tiempo mantener un desempeño aceptable. Además el desarrollo de la tecnología de los microprocesadores hizo posible controlar con precisión el combustible inyectado. La figura 9 muestra un sistema de inyección indirecta de combustible.

Figura 9 Sistema de inyección de combustible indirecto monopunto.

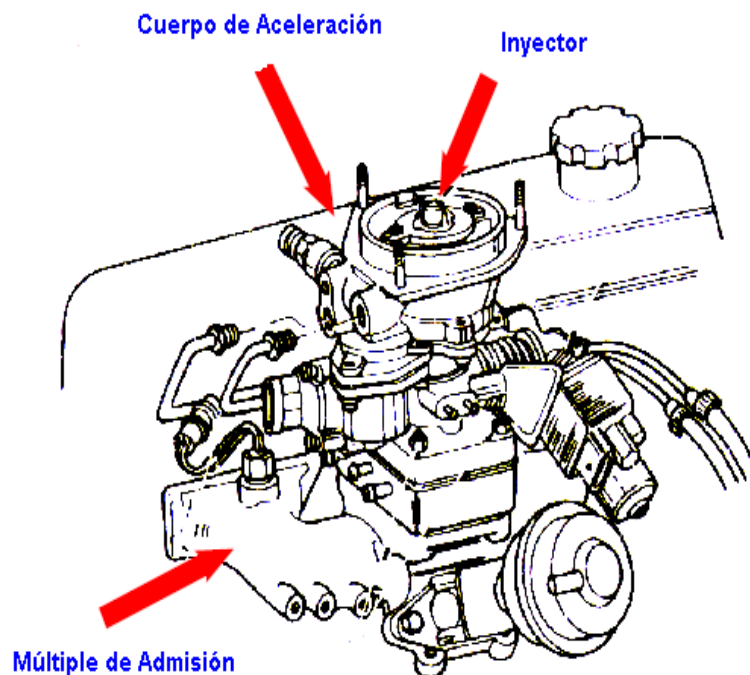


Los sistemas de inyección pueden ser mecánicos o electrónicos, monopunto o multipunto.

1.4.2.1 Sistema de Inyección Mecánica

Los primeros sistemas de inyección fueron mecánicos, utilizaban una bomba de inyección accionada por el motor, esta distribuía combustible bajo presión a los inyectores donde era pulverizado dentro del cilindro o dentro del múltiple de admisión. La bomba estaba sincronizada a los tiempos de admisión del motor. La cantidad de combustible entregado era controlado básicamente por la posición del cuerpo del acelerador que a su vez actuaba el riel de combustible dentro de la bomba. La figura 10 muestra la ubicación de un sistema de inyección de combustible monopunto.

Fig. 10 Ubicación de un sistema de inyección de combustible monopunto



1.4.2.2 Sistema de Inyección Electrónica

Como la inyección mecánica, la inyección electrónica también entrega combustible bajo presión a los inyectores, pero a diferencia de la anterior esta utiliza una bomba eléctrica que produce una presión suficiente para lograr un pulverizado del combustible ideal. Esta presión puede variar de 10 a 50 Psi para algunos motores y alrededor de 65psi para otros. Los inyectores pueden ser accionados eléctricamente como en el caso de los sistemas intermitentes, o mediante la presión de la bomba como en el caso de la inyección continua. La cantidad de combustible entregada puede ser controlada por un control electrónico o por una válvula medidora de flujo de aire dependiendo del sistema.

Una de las mayores ventajas del sistema de inyección es una mayor precisión en el control de la mezcla aire combustible. Usado en combinación con un computador electrónico el cual monitorea las condiciones del motor, se mejora la eficiencia del combustible y se reduce la contaminación.

Todo sistema de inyección se encuentra constituido por los siguientes elementos:

Tanque de combustible.

Bomba de combustible eléctrica, con movimiento de giro, genera la presión en todo el sistema.

Filtro de alta presión: Evita el paso de partículas que podrían taponar el inyector.

Conductos: son flexibles y resistentes a la corrosión.

Regulador de presión: Mantiene una presión constante en la tobera del inyector.

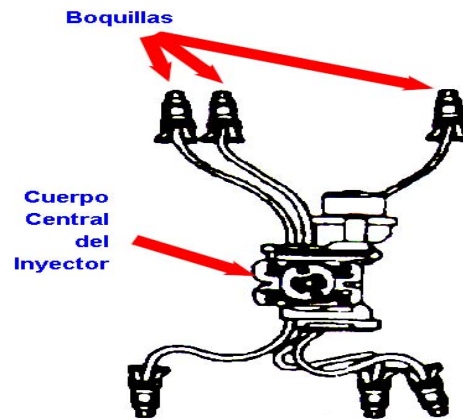
Riel de inyectores o cuerpo de aceleración: tubo que asegura los inyectores y que canaliza el combustible para alimentar las electro válvulas.

Inyectores o Electro válvulas son las encargadas de la pulverización del combustible.

1.4.2.3 Sistema de inyección Monopunto. En este sistema los inyectores están localizados en un cuerpo central llamado cuerpo de aceleración. Aquí se encuentran los componentes de control del sistema como son los inyectores, regulador de presión, mariposa de aceleración, y tomas de vacío. Para regular la presión generada por la bomba y mantenerla constante, se utiliza un regulador, permitiendo el paso de retorno hacia el tanque de combustible

1.4.2.3.1 Sistema central interno. El inyector se encuentra ubicado dentro del múltiple de admisión, esta constituido por un solo cuerpo y un número de boquillas iguales al número de cilindros que constituyen el motor. Cada boquilla se encuentra ubicada antes de la válvula de admisión y esta conectada al cuerpo del inyector por medio de un ducto flexible. La figura 11 muestra un diseño típico de este sistema.

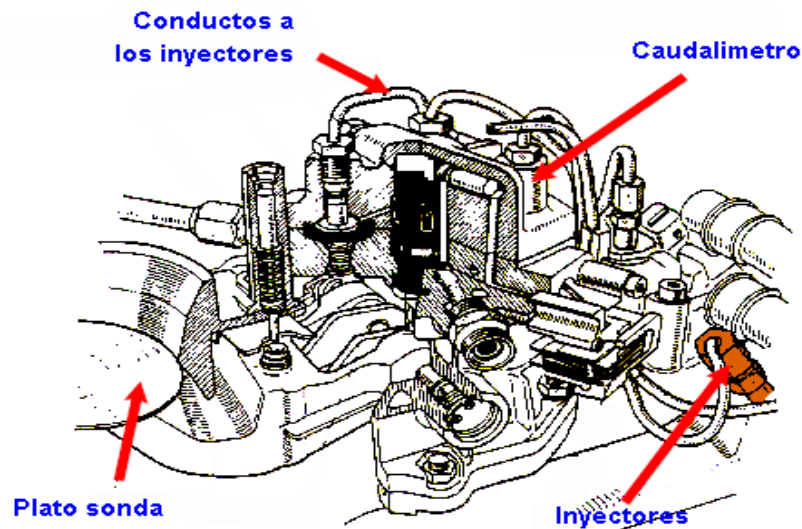
Figura 11 Sistema de inyección central Externo



1.4.2.4 Sistema de inyección Multipunto. En este sistema se utiliza un inyector que va localizado cerca a cada válvula de admisión lo que implica un mayor número de inyectores los cuales son alimentados desde el riel de inyectores donde también va ubicado el regulador de presión. Dentro del sistema multipunto tenemos tres tipos que son:

1.4.2.4.1 Sistema multipunto continuo. En un sistema continuo durante la operación del motor, el sistema entrega combustible pulverizado desde los inyectores todo el tiempo, la cantidad varia de acuerdo a las necesidades del motor. Este sistema no utiliza la válvula solenoide para abrirlos y cerrarlos. La presión de la bomba de combustible ejerce fuerza a un resorte dentro del inyector abriéndolo y pulverizando el combustible dentro del múltiple de admisión. Este sistema fue muy utilizado por los sistemas Europeos como el Bosch, K, KE, L, Jetronics. En la figura 12 se puede apreciar la ubicación de algunos de los componentes de este sistema.

Figura 12 Sistema de inyección de combustible Multipunto



1.4.2.4.2 Sistema multipunto de bancada. Utiliza el Computador para abrir los inyectores, y los abre todos al mismo tiempo sin importar el orden de encendido ni el tiempo en el que el motor esté, escape compresión etc. Este sistema se comenzó a utilizar en la década de los ochenta, debido a que las velocidades de ciclaje de los microcomputadores eran muy bajas y no permitían un control adecuado a las rápidas velocidades del motor.

1.4.2.4.3 Sistema multipunto secuencial. Puede ser totalmente controlado por computador, o puede utilizar un medidor de aire de flujo en conjunto con el computador el cual abre los inyectores de forma individual según el orden de encendido. Ver Figura 13. La abertura del inyector se encuentra coordinada con el ciclo de las válvulas, de tal manera que en condiciones normales de circuito cerrado el inyector es abierto en el tiempo de escape.

Figura 13 Sistemas de inyección de combustible por bancada y secuencial



2. GAS NATURAL

2.1 BREVE RESEÑA HISTÓRICA

El gas Natural no tuvo un papel importante en el cubrimiento de las necesidades energéticas hasta los años 1.800. Sin embargo su uso se remonta mucho más atrás en la historia.

En la China el Gas Natural fue utilizado como fuente de combustible desde el siglo cuarto A.C. Ellos cavaban pozos para obtener agua, y en algunos de ellos se dieron cuenta que con el agua salada salía un gas. Este gas lo utilizaron para calentar el agua y extraer la sal. La búsqueda sistemática del gas solo se empezó hasta el segundo siglo D.C. Los chinos aprendieron a canalizar el gas a través de tuberías de bambú que podían ir tan lejos como un día de camino y la pasaban ya fuera por debajo o por encima de las carreteras.

En Grecia, una leyenda que proviene del año 1.000 A.C nos habla sobre un manantial ardiente en el monte parnassus donde se decía que una sacerdotisa local que se hacía llamar el Oráculo de Delphi profetizaba. Este manantial ardiente fue muy seguramente una salida de gas encendida accidentalmente. Manantiales ardientes de gas parecidos al de esta leyenda han sido mencionados en escritos antiguos que provienen de Persia y de India. Ver figura 14. En Inglaterra, en los años

1.690 un químico aficionado llamado John Clayton descubrió que al calentar carbón en un recipiente cerrado se producía una sustancia clara que se encendía con la llama de una vela, sin embargo no le pudo encontrar ningún uso.

No fue sino hasta el año de 1.798 que un inventor Escocés llamado William Murdoch, encontró la forma de manejar y utilizar el gas de carbón. Murdoch fue un Ingeniero que trabajaba en la misma fábrica donde James Watt invento el motor de vapor. El desarrollo una forma para capturar el gas que emitía la destilación del carbón y utilizarlo para iluminación. En 1.805, Murdoch desarrollo un sistema de tuberías, válvulas y medidores para hacer una demostración iluminando una hilandería de algodón. Este sistema fue el primer ejemplo de iluminación industrial. En 1.812 la compañía London's Gas Light and Coke, llegó a ser la primer empresa de servicios públicos en suministrar gas para la iluminación de las calles.

Figura 14 Ruinas del Templo de Delphi en Grecia



Ruins of the Temple at Delphi

En Estados Unidos, Baltimore fue la primera ciudad en iluminar sus calles con gas de carbón.

El gas natural había sido encontrado por siglos fluyendo naturalmente de la tierra, pero fuera de los Chinos nadie supo que hacer con él. Cuando William Hart en 1.821 escucho de los residentes de Fredonia N, Y acerca de un riachuelo que emitía un flujo constante de burbujas, se decidió a cavar lo que mas adelante seria el primer pozo de gas natural.

Para poder utilizar este gas, Hart tuvo que instalar una línea de tubería pequeña desde el pozo hasta una casa, y utilizo una recepción que se ofrecía al General Lafayette como la ocasión para mostrar una casa muy iluminada por 30 quemadores de gas natural. Esta demostración fue acogida con gran curiosidad. Mas tarde en 1.858 Hart seria el fundador de Fredonia Gas Company.

2.2 DESARROLLO DE LA INFRAESTRUCTURA DEL GAS NATURAL

El gas natural pudo haber avanzado mucho más rápido de no haber sido por dos necesidades de infraestructura, las tuberías para mover el gas y los sitios para almacenarlo. Las primeras tuberías fueron muy rudimentarias y no estaban en capacidad para transportar gas largas distancias y mucho menos bajo presión. Uno de los primeros intentos para hacer una tubería de larga distancia se realizo en un tramo de 40 Km. desde Bloonfield hasta Rochester, NY. Se construyo con trozos huecos de pino unidos entre si por medio de platinas de hierro.

En 1.872 se construyo la primera línea de transmisión de gas natural desde un pozo en Newton P.A hasta Titusville P.A. En 1.886. Se construyo una línea mecánica de transmisión de gas de 140 Km. Que conectaba el gas producido en Pensilvania hasta New York. Ver figura 15. Esta línea fue reconocida como la tubería mas larga para gas natural en el mundo y fue catalogada como una de las maravillas de la construcción de ese tiempo. Sin embargo la tecnología de las tuberías continuaría estancando el desarrollo del gas natural, hasta que mejores tecnologías aparecieron para soportar altas presiones.

Figura 15 Construcción de la primera línea de Gas Natural de larga distancia



Almacenaje: El segundo impedimento para un desarrollo acelerado del gas natural fue la falta de medios para almacenarlo. En los principios de los años 1.900 El gas natural había probado ser un combustible ideal para cocinar, calentar casas y para iluminar, sin embargo cuando los pozos se extinguieron o cuando la demanda de gas se hizo mayor de lo que los pozos locales podían

ofrecer no había un depósito del que se pudiera disponer. En 1.916, la empresa Iroquois Gas Corporation, una subsidiaria de Combustible Nacional, desarrollo el primer deposito subterráneo de gas natural en los Estados Unidos, utilizando campos de gas agotados.

En los años de 1.890, la energía eléctrica eclipsó al gas natural como fuente de energía, debido a la dificultad de establecer tuberías seguras para gas presurizado, y a la falta de una infraestructura de tuberías eficiente para la distribución del gas a largas distancias. El gas natural no gozaría de un uso masivo hasta después de la segunda guerra mundial, con la aparición de nuevas tecnologías en Metalurgia y enrollamiento de tuberías. Esto permitió que el gas natural tomara su puesto como una gran fuente de energía. Durante los años de 1.940, hasta los años 1.960, la construcción de tuberías tuvo su máximo apogeo, lo mismo que la construcción de centros de gas natural con capacidad de almacenaje. Esto permitió un rápido crecimiento del mercado del gas natural.

2.3 EL GAS NATURAL EN COLOMBIA

La iluminación de las principales ciudades Norte Americanas por medio de un gas novedoso, no paso desapercibida en Colombia, ya que surgía como una forma de controlar el alto índice de accidentalidad y de inseguridad propiciado por la oscuridad de las calles Bogotanas. El primer decreto que se conoce por medio del cual se urgía a las autoridades la contratación de alumbrado publico utilizando gas, fue Expedido por el entonces presidente Tomas Cipriano de Mosquera el

25 de septiembre de 1.847. Debido a la falta de experiencia técnica y conocimientos relacionados con el gas de parte de los profesionales de esa época, este proyecto no se pudo llevar a cabo.

Un año mas tarde en 1.848, un medico cirujano llamado Antonio Vargas Reyes utilizo carbones de leña y minerales como materia prima para la producción de gas mediante el cual se propuso iluminar las calles de la capital, utilizando sus propios recursos económicos y compitiendo con la firma Leroy Vincourt que ofrecía faroles importados de Francia alimentados con petróleo. Solo a partir de 1.960, se propuso por parte de empresarios de la costa norte la construcción de un gasoducto para aprovechar el gas producido por los yacimientos de la firma Shell en el Magdalena y transportarlo hasta Barranquilla. Mas tarde en 1.973, se presentaría un incremento importante en la utilización del gas natural con el descubrimiento de los campos Chuchupa, Ballenas y Riohacha, el primero de los cuales presentaba las reservas más importantes de gas natural hasta ese momento. En 1.977 entraron en producción estos yacimientos triplicando la demanda para su utilización. A comienzos de los años 1.990's, debido a la crisis energética que atravesaba el país, se reconsidero el programa "Gas para el cambio" el cual había sido postergado indefinidamente en 1.986 debido a diferencias políticas. El 18 de Diciembre de 1.991, el Consejo Nacional de Planeación Económica y Social Conpes, mediante el documento DNP-2571 aprueba el programa de gasificación del uso del gas natural en el país. Este documento fue complementado por un nuevo documento Conpes en 1.993, llamado "Plan de Gas Natural" el cual hacia ajustes y trazaba planes para el desarrollo del gas teniendo en cuenta el descubrimiento de nuevos yacimientos en el piedemonte llanero, Este documento también fijaba plazos para la construcción y funcionamiento del sistema nacional de gasoductos y sus respectivos ramales. Ver figura 16.

2.4 QUE ES EL GAS NATURAL

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos, en su mayoría Metano, se encuentra en yacimientos, almacenado en el subsuelo o asociado con la producción de petróleo crudo. El gas natural crudo se encuentra mezclado con otros hidrocarburos como el Etano, Butano y el Propano, y con otros gases como Nitrógeno, helio, Dióxido de carbono, sulfuro de hidrogeno, vapor de agua y algunos contaminantes. Ver Tabla # 2.

Tabla 2 Composición del Gas Natural (% Vol.)

Dióxido de carbono (CO ₂)	0.37
Nitrógeno	1.29
Metano	97.76
Etano	0.38
Propano	0.20

Fuente Ecopetrol.com.co

Figura 16 Yacimientos y estado de transmisión de Gas Natural en Colombia



Antes de que el gas natural pueda ser utilizado como combustible, los hidrocarburos pesados tales como el butano, propano y gasolina natural deben ser extraídos como líquidos. Estos líquidos son utilizados en las industrias químicas y de la gasolina. El gas remanente compuesto por hidrocarburos livianos, como Metano y Etano es conocido como gas seco. La calidad del gas se determina por su valor en BTU, cuanto mayor sea su valor mas eficiente será. Los gases pesados como el Butano y el Propano tienen valores mayores de BTU que el Metano.

2.5 ORÍGENES DEL GAS NATURAL

El Gas natural como se conoce hoy se formó probablemente de la descomposición de restos de plantas y pequeñas criaturas marítimas que murieron y fueron a parar al fondo del mar hace doscientos o cuatrocientos millones de años. Con el tiempo estos restos se cubrieron con capas de arena y limo de miles de pies de espesor. El peso de estas capas mas el calor de la tierra transformaron el cuerpo de los animales y las plantas en aceite y gas natural.

Los depósitos actuales de gas natural se encuentran en formaciones de rocas porosas que pueden estar a 6.000 pies de profundidad. Solo un 27 % de los pozos perforados resulta productivo.

2.6 COMPOSICIÓN QUÍMICA.

El gas natural como combustible fósil al igual que el petróleo y el carbón debido a su probable

origen orgánico, se componen de un numero relativamente pequeño de elementos químicos como son: Carbono, Hidrogeno, Azufre, nitrógeno, y Oxigeno de los cuales el que se encuentra en mayor proporción es el Carbono, la diferencia significativa en la composición química entre los combustibles fósiles, no esta en su composición elemental, sino en el tipo y proporción en que se encuentran las diferentes formas químicas o moléculas que lo constituyen.

El petróleo y el gas natural están constituidos primordialmente por compuestos orgánicos denominados hidrocarburos, los cuales como su nombre lo indica son moléculas conformadas por enlaces entre átomos de carbono e hidrogeno, además de los hidrocarburos, en el petróleo y el gas natural se encuentran otros compuestos químicos con átomos de azufre, oxigeno o nitrógeno en su estructura.

Tabla 3 Compuestos químicos presentes en el Gas Natural

COMPOSICION QUIMICA DEL GAS NATURAL	
TIPO DE COMPUESTO	FAMILIAS PRESENTES
HIDROCARBUROS	ALCANOS O PARAFINICOS
NO HIDROCARBUROS	Nitrógeno N ₂
	Oxigeno O ₂
	Helio, He
	Dióxido de Carbono, CO ₂
	Sulfuro de Hidrogeno, H ₂ S
	Vapor de Agua, H ₂ O

Fuente. Diploma en Gas Natural para uso vehicular. Ecopetrol, Universidad nacional,

Universidad de Antioquia. Octubre 2,002.

Los hidrocarburos se clasifican de acuerdo a: Estructura de las cadenas, Tipo de enlaces, Presencia de Bencénicos. De las diferentes familias de hidrocarburos, solo una esta presente en el Gas Natural, la de los Alcanos, que son hidrocarburos saturados con moléculas de enlaces covalentes simples, lo que los hace de baja reactividad química. Su formula general es C_nH_{2n+2} , donde n es el numero de átomos de carbono en la molécula. El nombre de un alcano sin ramificaciones consta de dos partes. Un prefijo particular que indica el número de átomos de carbono de la molécula y un sufijo característico de la familia “Ano”.

Tabla 4 Principales Alcanos Normales

"n"	Nombre	Formula	Punto de Fusión Normal °C	Punto de Ebullición Normal °C
1	Metano	CH ₄	-182.5	-161.5
2	Etano	C ₂ H ₆	-183.3	-88.6
3	Propano	C ₃ H ₈	-187.7	-42
4	Butano	C ₄ H ₁₀	-138.4	-0.5
5	Pentano	C ₅ H ₁₂	-129.7	36.1
6	Hexano	C ₆ H ₁₄	-95.3	68.7
7	Heptano	C ₇ H ₁₆	-90.6	98.4
8	Octano	C ₈ H ₁₈	-56.8	125.7
9	Nonano	C ₉ H ₂₀	-53.5	150.8
10	Decano	C ₁₀ H ₂₂	-29.6	174.2
11	Undecano	C ₁₁ H ₂₄	-25.6	195.9
12	Dodecano	C ₁₂ H ₂₆	-9.6	216.3
13	Tridecano	C ₁₃ H ₂₈	-5.5	235.4
14	Tetradecano	C ₁₄ H ₃₀	5.9	253.7
15	Pentadecano	C ₁₅ H ₃₂	10	270.6
16	Hexadecano	C ₁₆ H ₃₄	18.2	287
17	Heptadecano	C ₁₇ H ₃₆	22	301.8
18	Octadecano	C ₁₈ H ₃₈	28.2	316.1
19	Nonadecano	C ₁₉ H ₄₀	32.1	329.7
20	Eicosano	C ₂₀ H ₄₂	36.8	343

Fuente. Diploma en Gas Natural para uso vehicular. Ecopetrol, Universidad Nacional, Universidad de Antioquia. Octubre 2,002

2.7 CALIDAD DEL GAS NATURAL

Se entiende como calidad de un producto a las propiedades o atributos que este posee para responder adecuadamente durante su uso a las expectativas del usuario o consumidor. En el caso del Gas Natural se debe tener en cuenta que su utilización se ajuste a las exigencias o requerimientos de eficiencia energética, ambientales, económicos y de seguridad, Unas de las variables que tienen que ver directamente con las principales propiedades que determinan la calidad de un combustible son el poder calorífico y el Índice de Wobbe. Ver Tabla 6.

Tabla 5 Composición química de los principales Gases Naturales Colombianos

COMPONENTE	CAMPO							
	Apiay	Payca	Huila	Opon	El centro	Guajira	Guepaje	Cusiana
Metano	86.2	90.29	85.06	91.79	91.61	97.76	96.98	75.68
Etano	8.45	6.47	6.18	4.36	6.728	0.38	0.58	11.15
Propano	1.18	1.73	2.84	1.83	0.028	0.2	0.18	4.7
i-Butano	0.12	0.15	0.46	0.13	0.011	0	0.09	0.78
n-Butano	0.11	0.17	0.69	0.53	0.012	0	0.03	0.95
Nitrógeno	0.77	0.35	1.13	—	0.85	1.29	1.98	0.91
Dióxido de Carbono	3.17	0.75	3.21	0.32	0.739	0.37	0.06	5.2
Pentanos y mas pesados	0	0.09	0.43	1.04	0.02	0	0.1	0.63

Fuente. Diploma en Gas Natural. Ecopetrol, Universidad Nacional, Universidad de Antioquia. Octubre 2,002

Tabla 6. Propiedades Del Gas Natural

VARIABLE	ESPECIFICACIONES	
	Sistema Internacional	Sistema Ingles
Máximo poder calorífico bruto Real	42.8 MJ/m ³	11500 BTU/pie ³
Mínimo Poder Calorífico Bruto Real	35.4 MJ/m ³	9150 BTU/pie ³
Indice De Wobbe	14.88KWh/m ³	

Fuente. Diploma en Gas Natural. Ecopetrol, Universidad Nacional, Universidad de Antioquia. Octubre 2,002

3. GAS NATURAL COMPRIMIDO VEHICULAR

Los gases manufacturados fueron los primeros combustibles gaseosos que se utilizaron en automotores. Esta aplicación fue promovida durante la Segunda Guerra Mundial con el objetivo de preservar los combustibles líquidos convencionales. El uso del gas Natural comprimido como combustible para automotores se origino en Italia en los años 1.930's. El Gas Natural Comprimido Vehicular es un combustible automotor que puede sustituir la gasolina en motores de combustión interna encendidos por chispa sincronizada, y en forma parcial del ACPM en aquellos motores encendidos por compresión.

El gas natural presenta varias ventajas sobre los combustibles convencionales, como la Gasolina y el Diesel. El gas natural tiene un mayor octanaje (120-130) lo que le permite trabajar con altas relaciones de compresión, y una gran eficiencia especialmente cuando los motores han sido diseñados originalmente para trabajar con gas natural. Debido a su más bajo contenido de carbón, el gas natural quema de una forma más limpia protegiendo el motor de desgaste prematuro producido por carbonización de las válvulas de admisión y de escape. Por su constitución gaseosa, la contaminación del aceite lubricante por residuos de combustible liquido que pasan a través de los anillos del pistón es prácticamente inexistente. Las emisiones contaminantes de Óxidos de Azufre y Nitrógeno, así como de material particulado son sustancialmente reducidos. El gas natural es un combustible domestico y listo para su utilización, cinco millones de autos a

gas natural usaran menos de tres % del consumo anual actual. Las emisiones de monóxido de carbono son aproximadamente 70% menores. El gas natural vehicular también emite cantidades significativamente menores de gases de invernadero que la gasolina, el valor del gas es aproximadamente 40% menor que el de la gasolina, y elimina el problema de robo de combustible pues no puede ser extraído con manguera del vehículo.

Dentro de las desventajas del gas natural se pueden citar: Una menor autonomía de viaje, lo que se traduce en tanguedadas mas frecuentes debido a la poca capacidad de los cilindros, una posible reducción en la potencia del motor causada por la disminución del rendimiento volumétrico y por operar con relaciones de compresión mas bajas de las necesarias. Se debe tener en cuenta que en motores multivalvulares y de alta relación de compresión, la reducción de potencia no sobrepasa de un 4%, reducción de espacio de carga para permitir el acomodamiento de los cilindros de almacenaje. La tabla 7 muestra las características y propiedades de algunos combustibles de uso vehicular.

Figura 17 Primer Vehículo a Gas Natural



Tabla 7 Propiedades de algunos combustibles

Propiedades	Gasolina	Diesel	Metanol	Etanol	Propano	GNCV	Hidrogeno
Formula química	C4 a C12	C3 a C25	CH ₃ OH	C ₂ H ₅ OH	C ₃ H ₈	CH ₄	H ₂
Peso molecular	100-105	200	32.04	46.07	44.1	16.04	2.02
Carbón	85-88	84-87	37.5	52.2	82	75	0
Hidrogeno	12-15.0	33-16	12.6	13.1	18	25	100
Oxigeno	0	0	49.9	34.7	0	0	0
Gravedad específica	0.72-0.78	0.81-0.89	0.796	0.796	0.508	0.424	0.07
Densidad	6.0-6.5	6.7-7.4	6.63	6.61	4.22	1.07	0
Temperatura de ebullición	80-437	370-650	149	172	-44	-259	-423
Octanaje	86-94	N/A	100	100	104	120+	
Agua en %	Insignifican	Insignifican	100	100	0	0	0
Punto de congelación	-40	-35	-143.5	-173.2	-305.8	-296	-435
Temperatura de auto ignición	495	600	867	793	850a950	1,004	1050a1080
Relación estequiometrica	14.7	14.7	6.45	9	15.7	17.2	34.3

4. PROCESO DE PRECONVERSION

El proceso de convertir un vehículo a GNCV, se realiza en varias etapas, cada una de las cuales tiene su propia importancia, pero quizás se podría decir que la etapa de pre-conversión es de las más importantes, ya que de aquí depende en gran parte el éxito de una conversión. En el proceso de preconversión, se realiza el diagnostico de cada uno de los componentes, para garantizar que estén en optimas condiciones para garantizar un funcionamiento eficiente del vehículo al trabajar con GNCV. Es en esta etapa cuando se decide si se debe o no hacer la conversión, basados en un proceso sistemático de diagnostico y evaluación del vehículo, mediante el uso de herramientas y equipos especiales diseñados para este fin. El proceso de preconversión, la instalación de los componentes del Kit de conversión, la inspección de los cilindros, y la post conversión, deben hacerse acorde a las exigencias contempladas en el decreto 1605 del 31 de Julio del 2,002, expedido por la Presidencia de la Republica, basado en la resolución Nro 80582 de Agosto de 1,996 emitida por el Ministerio de Minas y Energía y las Normas Técnicas Colombianas NTC

4.1 EQUIPO DE DIAGNOSTICO PARA CONVERSIÓN

Para lograr un buen grado de eficiencia y productividad es necesario contar con los equipos y herramientas adecuados, las principales herramientas con las que debe contar un taller para

efectuar una eficiente preconversión son:

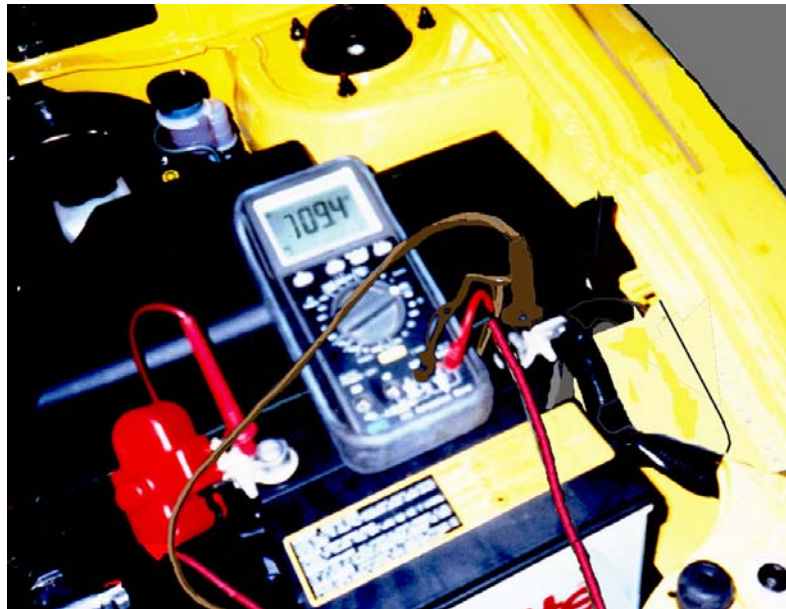
- Medidor de compresión
- Medidor de vacío.
- Medidor del momento de torsión o torque (Torcometro).
- Bomba manual de presión y de depresión (Vacío).
- Hidrómetro.
- Multímetro digital.
- Pinza amperimétrica.
- Osciloscopio de trazo de uso automotor.
- Explorador o escáner de sistemas computarizados.
- Analizador de gases.
- Lámpara de tiempo estroboscópica.
- Calibrador de bujías
- Probador de estanqueidad de los cilindros del motor.
- Equipo oxímetro.
- Equipo de soldadura eléctrica.
- Taladro de ½ para trabajo pesado.
- Prensa mecánica.
- Esmeril eléctrico.
- Compresor de aire.
- Gato hidráulico.
- Remachadora pop.

- Marco con segueta.
- Herramienta manual (Llaves, destornilladores, alicates, etc.).

4.2 INSPECCIÓN DE PRE-CONVERSIÓN

4.2.1 Verificación de estado y carga de batería. La revisión debe contemplar los siguientes puntos: Estado físico de los terminales, bornes, conductores eléctricos, caja y cubierta de la batería y nivel del electrolito. La figura 18 muestra el procedimiento para determinar el voltaje de la batería.

Figura 18 Verificación del estado y carga del acumulador



El voltaje nominal del acumulador debe estar entre 12,4 – 12,7 Voltios. Si es menor a 12,4 la batería se encuentra descargada, si es mayor a 12,7, la batería se encuentra con exceso de carga. La densidad específica del electrolito debe ser mayor a 1,230, para estar en un 75% de carga como mínimo, (1,280= 100% V= 12,72). Si la densidad es menor de 1,230 la batería debe someterse a carga para poder realizar los demás procedimientos de diagnóstico.

La descarga por caja y/o cubierta no debe ser mayor a 0,5 Voltios. Si es mayor se debe realizar una limpieza externa de la batería. Esta prueba se realiza conectando el cable negro del multímetro al terminal negativo de la batería, y el cable rojo del multímetro se debe desplazar por la caja y la cubierta.

Voltaje del acumulador en el momento de arranque. Mínimo 9,6 Voltios.

La recuperación de la batería, es decir el tiempo que emplea la batería para recuperar su voltaje inicial después de haber sido sometida a esfuerzo durante 15 Seg. Este tiempo no debe ser mayor de un minuto. Para realizar esta prueba se debe inhabilitar el sistema de suministro de combustible.

La caída de tensión en conductores eléctricos, no debe exceder de 0,1 voltios por conexión. (Masa 0,1 V + Cable 0,1 V + Conector # 1, 0,1 V + Conector # 2, 0,1 V para un total de 0,4 V de caída).

La caída de tensión entre poste y terminal (+ o -) de la batería no debe ser mayor a 50 mV. Para las pruebas de caída de tensión el sistema de encendido o suministro de combustible debe estar inhabilitado y el motor girando durante 3 seg.

La caída de tensión en Alimentación (+), medido entre el borne positivo de la batería y la alimentación positiva de cada componente, no debe ser mayor de 0,5 Voltios

La caída de tensión en conductores eléctricos, no debe exceder de 0,1 voltios por conexión. (Masa 0,1 V + Cable 0,1 V + Conector # 1, 0,1 V + Conector # 2, 0,1 V para un total de 0,4 V de caída). La caída de tensión entre poste y terminal (+ o -) de la batería no debe ser mayor a 50 mV. Para las pruebas de caída de tensión el sistema de encendido o suministro de combustible debe estar inhabilitado y el motor girando durante 3 seg.

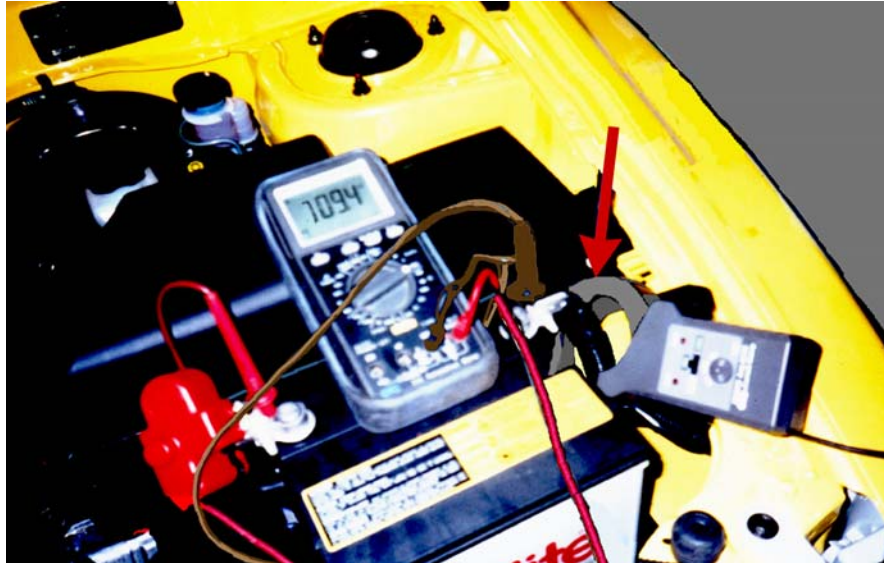
La caída de tensión en Alimentación (+), medido entre el borne positivo de la batería y la alimentación positiva de cada componente, no debe ser mayor de 0,5 Voltios

La caída de tensión en Masas no debe ser mayor de 0,2 Voltios medidos entre el borne negativo de la batería y la masa de cada componente.

4.2.2 Verificación del control y estabilidad del sistema de carga Se debe iniciar con una inspección visual de las diferentes correas, poleas, tensores y conductores eléctricos del alternador. La intensidad de carga se debe medir con una pinza amperimétrica, Ver figura 19. Conectándola al conductor de salida del alternador (B+). Se debe encender el motor y acelerar a

2,000 RPM aprox. La lectura en el primer segundo de la prueba debe estar entre 65 – 75 % de la capacidad del alternador.

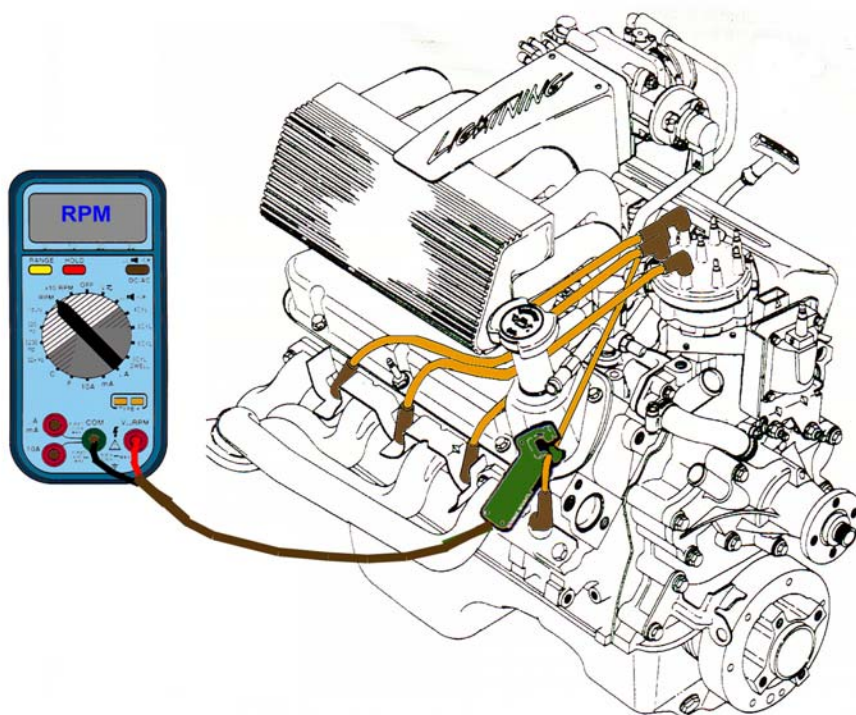
Figura 19 Prueba de estabilidad del sistema de carga



El motor se debe dejar funcionando durante varios minutos hasta obtener una lectura uniforme entre 3 y 10 Amp, con los dispositivos apagados. Con los dispositivos encendidos la lectura debe aumentar de acuerdo al consumo de cada uno. Si al realizar la prueba encontramos un valor de intensidad bajo constante, se debe descartar si la falla se presenta en el alternador o en el regulador, para esto se conecta el alternador directo. Si la lectura de la intensidad aumenta a 80 – 90 % de la capacidad del alternador, la falla estaría en el regulador.

4.2.3 Verificación del sistema de encendido. La función del sistema de encendido es inflamar la mezcla aire combustible en el instante adecuado. Para esto es necesario que alrededor de la chispa haya una adecuada concentración de mezcla, y que la duración de la chispa lo mismo que su longitud sean las apropiadas.

Figura 20. Pruebas del sistema de encendido



Para verificar el perfecto estado de funcionamiento del sistema de encendido se deben efectuar las siguientes pruebas:

Estado físico de las bujías, Cables de bujía, rotor y tapa del distribuidor.

Se debe comprobar la resistencia de los cables de bujía. Debe estar entre 3,000 y 5,000 Ohmios por cada 30 cm. De longitud.

Comprobar la resistencia del circuito primario y secundario de la bobina de encendido de acuerdo a los datos suministrados por el fabricante.

Verificar el aislamiento de la carcasa de la bobina de encendido. Escala de 2 Megohmios. La lectura debe ser infinito.

Verificar caída de tensión en la alimentación del sistema de encendido. No puede exceder de 500mV. Se prueba la alimentación del modulo de encendido y la alimentación de la bobina de encendido.

Verificar el tiempo de saturación del circuito primario de la bobina de encendido. De acuerdo a las especificaciones del fabricante.

Verificar el Voltaje de la bobina de encendido. De acuerdo a las especificaciones del fabricante.

Verificar el voltaje inicial de encendido. Debe estar entre 9 y 12 Kv.

Verificar el voltaje en los electrodos de la bujía. Debe estar entre 1,000 y 5,000 Kv.

Verificar el grado térmico de las bujías. Debe ser uno o dos grados menor a la especificación del fabricante.

Verificar la calibración de la bujía. Debe ser mayor a la especificada por el fabricante en 0.05 mm.

Verificar el tiempo de duración de la chispa o tiempo de quemado. Debe estar entre 1,2 y 1,8 ms.

Verificar los distintos tipos de avance de encendido. Inicial, centrífugo, por vacío y computarizado. Aplicar especificaciones del fabricante.

Verificar resistencia del rotor de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

Verificar la continuidad de los contactos de la tapa del distribuidor.

Verificar el aislamiento entre los contactos de la tapa de distribuidor y el cuerpo de cada uno.

4.2.4 Prueba de Rizado del alternador. Se debe efectuar esta prueba para comprobar que el sistema corrector del alternador esta funcionando óptimamente. El multímetro se debe conectar al terminal B + del alternador en función de Voltios A.C, el motor se debe acelerar a 2,000 RPM con las luces encendidas. La lectura no debe ser mayor a 250 mV de A.C. Si esta lectura es mayor la falla se presenta en los diodos rectificadores o en el estator

4.2.5 Verificación del estado del arranque. Se deben comprobar las caídas de tensión entre los componentes del motor de arranque. La caída de tensión en la alimentación del solenoide no debe ser mayor a 0,5 Voltios.

La caída de tensión entre los contactos del solenoide no debe ser mayor de 0,3 Voltios

La caída de tensión en la alimentación del motor de arranque no debe ser mayor a 0,8 Voltios.

Pruebas para verificar la intensidad y las RPM del motor de arranque. Primero se debe inhabilitar el sistema de combustible, luego se conecta la pinza amperimétrica al cable negativo de la batería, y se da arranque por 15 seg. La lectura varía de acuerdo al número de cilindros del motor.

Para 3 cilindros debe estar entre 80 y 100 Amp máximo. Para 4 cilindros debe estar entre 130 y 150 Amp máximo. Para 6 cilindros debe estar entre 180 y 200 Amp máximo. Para 8 cilindros debe estar entre 230 y 250 Amp máximo.

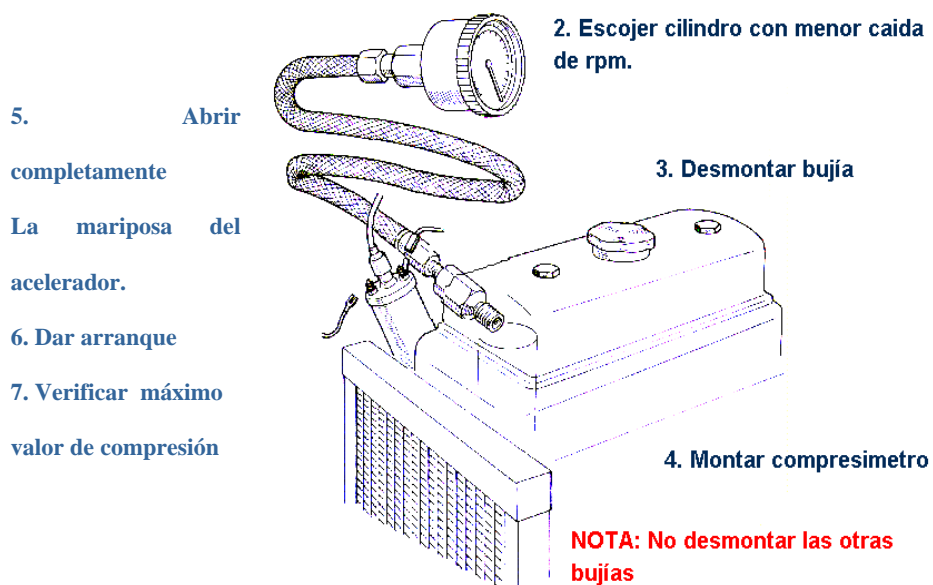
Si encontramos que la intensidad es alta y el voltaje de la prueba de esfuerzo es muy bajo, existe corto circuito en el sistema de arranque o contacto físico entre la armadura y los polos de campo. Si la intensidad es baja y el voltaje muy alto, existe una mala conexión en el circuito de arranque. Para verificar las RPM del motor de arranque se debe utilizar una pinza inductiva, colocándola a un cable de bujía. La lectura normal debe estar entre 250 y 450 RPM (o más)

4.2.6 Verificación del estado mecánico del motor. Las pruebas que se harán para determinar si un motor esta en condiciones de funcionar con GNCV, son las mas importantes para garantizar un perfecto funcionamiento del vehículo después de la conversión. El conjunto pistón, anillos, cilindros, válvulas de admisión y escape no deben presentar ningún tipo de fugas. De la hermeticidad de este sistema depende que se obtenga una buena dosificación de combustible y una correcta expansión del frente de llama.

4.2.6.1 Prueba de compresión. Tiene como objetivo principal, determinar el estado de hermeticidad del conjunto pistón, anillos, cilindros, y válvulas. Un motor con deficiencias de compresión, acrecentara la perdida de potencia normal en una conversión, por lo tanto si el motor presenta este tipo de fallas se debe proceder a reparar antes de iniciar la conversión. La figura 21 muestra los pasos a seguir para medir la compresión de los cilindros.

Es necesario verificar los valores mínimos de compresión que se encuentran en los manuales de servicio. La compresión esta en una proporción directa a la relación de compresión del motor, Así mismo, la perdida de compresión debida a la altura debe ser considerada, por cada 300 metros de altura se pierde un 4 %. Se deben tomar tres lecturas, La primera debe ser mínimo del 40 % de la lectura final, la segunda debe ser mínimo del 70% de la lectura final. Un valor de la primera lectura que este por debajo de los parámetros, indica un posible problema de culata, en el sellamiento de las válvulas o de los asientos. Un valor menor en la segunda lectura indica una posible falla en el sistema del bloque. Pistón, anillos, y cilindro. La tercera lectura no debe mostrar una diferencia mayor del 15% entre todos los cilindros.

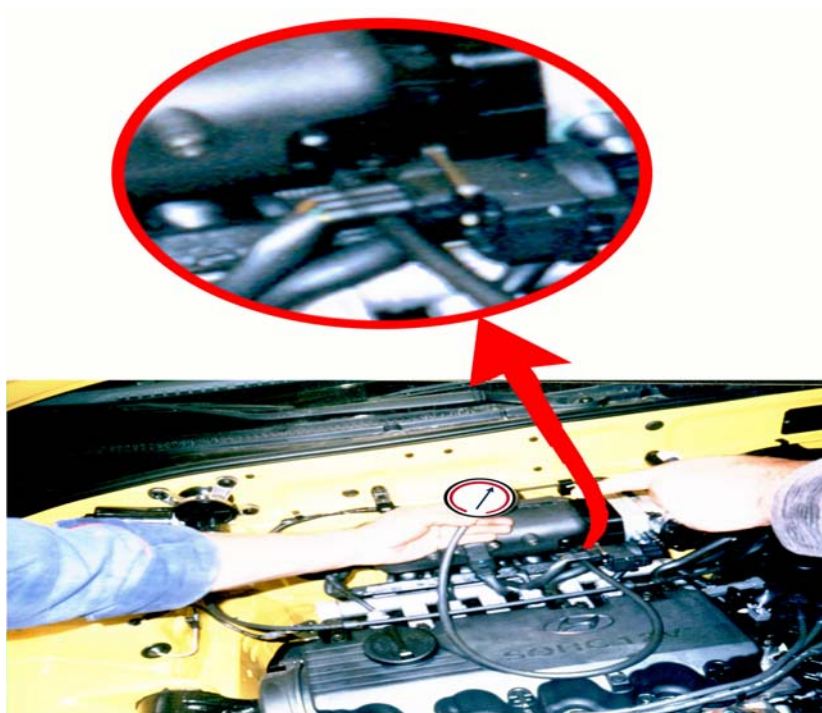
Figura 21 Prueba de compresión



Es necesario verificar los valores mínimos de compresión que se encuentran en los manuales de servicio. La compresión esta en una proporción directa a la relación de compresión del motor, Así mismo, la pérdida de compresión debida a la altura debe ser considerada, por cada 300 metros de altura se pierde un 4 %. Se deben tomar tres lecturas, La primera debe ser mínimo del 40 % de la lectura final, la segunda debe ser mínimo del 70% de la lectura final. Un valor de la primera lectura que este por debajo de los parámetros, indica un posible problema de culata, en el sellamiento de las válvulas o de los asientos. Un valor menor en la segunda lectura indica una posible falla en el sistema del bloque. Pistón, anillos, y cilindro. La tercera lectura no debe mostrar una diferencia mayor del 15% entre todos los cilindros.

4.2.6.2 Prueba del vacío dinámico del motor. Esta es una prueba complementaria a la de compresión. Su finalidad es determinar la hermeticidad del sistema de admisión. La figura 22 muestra la forma de conexión de la manguera del medidor de vacío.

Figura 22 Prueba vacío dinámico del motor



Esta prueba se afecta también con la altura, a mayor altura menor la lectura, un valor de vacío normal a nivel del mar en marcha ralenti se encuentra entre 17 y 22 pulgadas de mercurio. Esta prueba debe realizarse en: Marcha mínima, marcha crucero, y en aceleración súbita. En marcha crucero, puede presentarse una desviación de + o - 1 pulgada de mercurio. En aceleración súbita

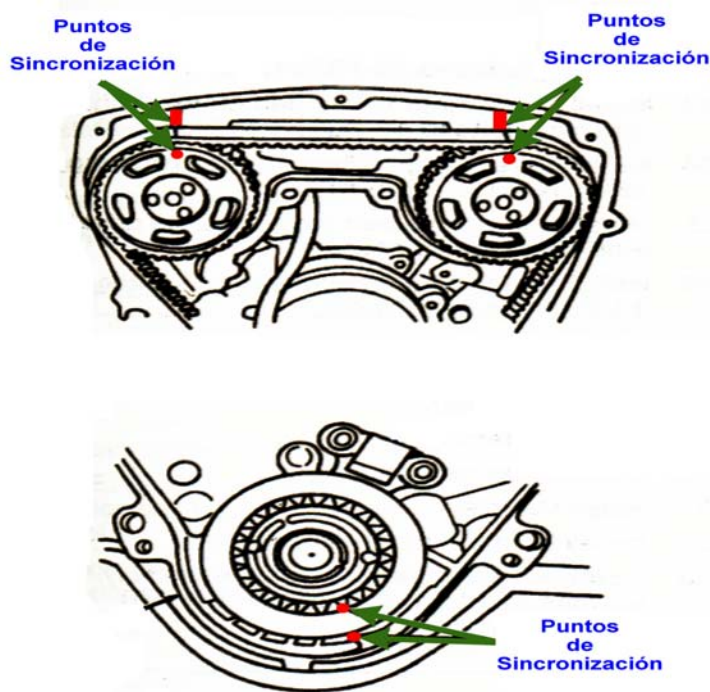
la lectura debe ser 0 pulgadas de mercurio. En desaceleración debe marcar un aumento entre 2 y 5 pulgadas de mercurio sobre la lectura de ralenti.

4.2.6.3 Prueba de fugas de cilindro. Se debe realizar esta prueba para comprobar el estado de hermeticidad de los anillos, válvulas y empaque de culata. El porcentaje de fuga máximo debe estar entre 15 y 20 %. Se realiza mediante la inyección, de aire a una presión entre 60 y 90 Psi por los orificios donde van las bujías.

4.2.6.4 Prueba de balance de cilindros. Se efectúa para determinar el aporte de potencia de cada cilindro a la totalidad del conjunto. La diferencia máxima de revoluciones por minuto RPM entre cilindros debe ser del 10 %.

4.2.6.5 Verificación de la correa o cadena de distribución mecánica. Se debe comprobar que la cadena o correa este en perfecto estado, lo mismo que el tensor. Es muy importante la verificación de la correcta posición de las marcas de sincronización, pues de esto depende el buen funcionamiento del motor. Ver figura 23.

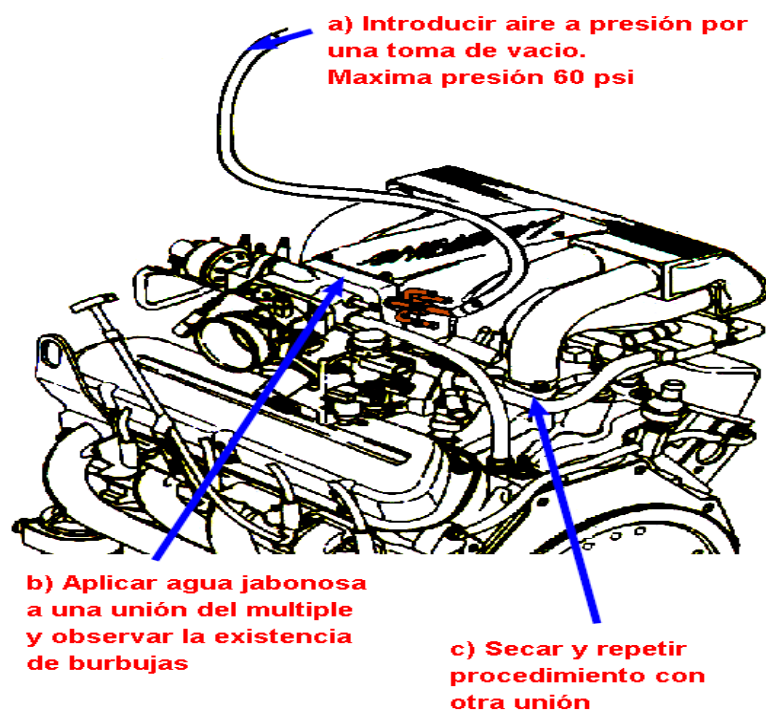
Figura 23 Correa y puntos de distribución.



4.2.6.6 Verificación de la existencia de fugas en el múltiple y ductos de admisión. Se realiza mediante la inyección de aire a una presión no mayor de 60 Psi, por una toma de vacío. Se aplica agua jabonosa a las uniones del múltiple, y se observa si aparecen burbujas. Esta operación se debe repetir para todos los componentes del sistema de admisión. La figura 24 indica la forma de realizar esta prueba.

Figura 24 Verificación de fugas en el sistema de admisión

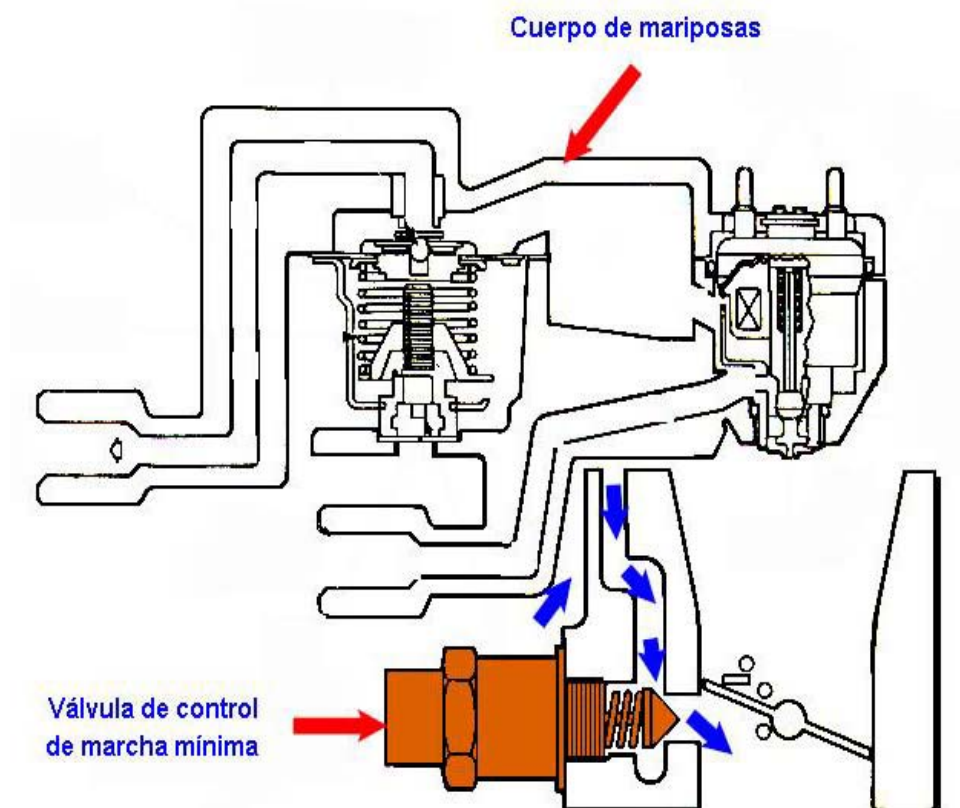
Procedimiento de verificación de fugas



4.2.6.7 Verificación del estado y funcionamiento del sistema de control en marcha mínima.

En vehículos carburados se debe revisar el estado y ajuste de la mariposa del cuerpo de aceleración, y asegurarse de que no presente un juego excesivo en el eje, ya que esto imposibilitaría una marcha uniforme en ralenti. Para los vehículos inyectados, además de la mariposa se debe revisar el circuito alternativo y el perfecto funcionamiento de todo el dispositivo de marcha mínima. La figura 25 muestra el circuito de marcha mínima

Figura 25 Circuito de marcha mínima



4.2.6.8 Verificación del estado del sistema de alimentación. Aunque este sistema no opera simultáneamente con el sistema de gas, se debe revisar ya que una de las recomendaciones para un vehículo convertido a GNCV, es la de encender el vehículo cuando está frío con gasolina y luego se pasa a gas. Se deben efectuar las siguientes pruebas:

Verificación de la presión máxima del sistema.

Comprobar que no existan fugas.

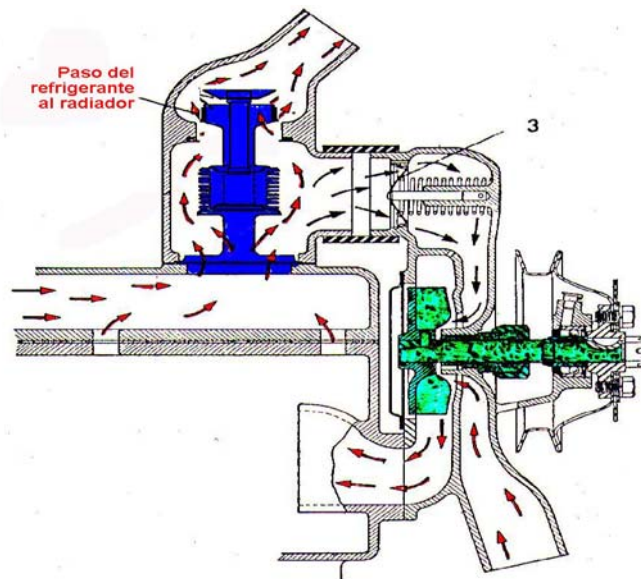
Verificar la presión de funcionamiento, a velocidad constante y con carga.

Verificar el caudal del sistema. Fijo y variable.

Verificar la correcta pulverización del combustible.

4.2.6.9 Verificación del sistema de refrigeración. Cuando se trabaja con GNCV, hay un incremento de temperatura dentro de la cámara de combustión. Para que no exista sobrecalentamiento, el sistema de refrigeración debe estar en perfectas condiciones. Es importante comprobar la presión de la bomba de refrigerante, así como el caudal del mismo. También se debe comprobar que no existan fugas. La figura 26 muestra el circuito de refrigeración.

Fig.26 Sistema de refrigeración



Otras comprobaciones que se deben hacer al sistema son:

Verificar que todo el circuito del radiador se encuentre en operación.

Verificar que la tapa del radiador sea de la presión adecuada y que este en buen estado.

Verificar el correcto funcionamiento del termostato.

Verificar que el indicador de temperatura este operando correctamente.

Verificar el estado del depósito de expansión y su tapa.

4.2.7 Verificación del estado físico de la carrocería. Debido al peso de los cilindros, es importante hacer una revisión completa al lugar donde estos van a ser ubicados. El sitio no debe presentar fallas estructurales, ni corrosión o deterioro. Tampoco debe presentar soldaduras o fisuras que puedan comprometer el funcionamiento estructural.

4.2.8 Análisis de gases. Se debe verificar que el ducto de escape no presente obstrucciones o fugas, el correcto funcionamiento de la válvula de ventilación positiva del carter PCV, que el control evaporativo y el control de recirculación parcial de gases de escape no presenten fugas.

Se deben realizar los análisis de gases en marcha mínima, marcha alta y aceleración.

Figura 27 Análisis de gases



Figura 28 El kit básico de conversión a GNCV



5. EQUIPOS DE CONVERSION A GNCV

Todos los equipo de conversión hacen referencia a un conjunto de elementos electromecánicos y/o electrónicos llamados kit de conversión que se instalan en diferentes tipos de motor de combustión interna a gasolina, los cuales mediante un proceso de reducción de presión, sustituyen la utilización del combustible liquido (gasolina) permitiendo el uso en forma eficiente y económica del “Gas Natural “como combustible automotor

Estos Kit varían de acuerdo al modelo del vehículo, número de pistones cuyas referencias las da el fabricante.

5.1 TIPOS DE EQUIPOS

5.1.1 Equipo de Primera Generación: Suministro de combustible de forma mecánica con sistema de control abierto.

5.1.2 Equipo de Segunda Generación: Suministro de combustible de forma mecánica con sistema de control cerrado.

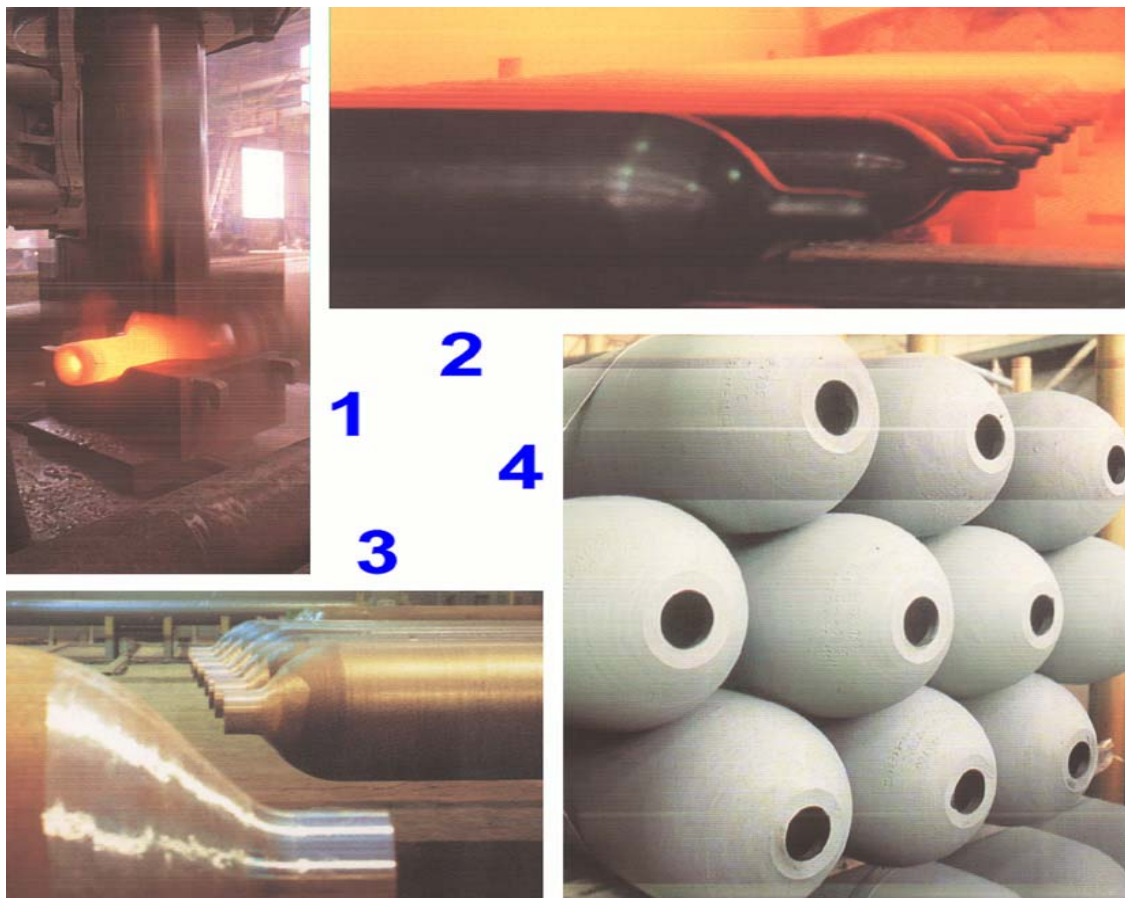
5.1.3 Equipo de Tercera Generación: Inyección de combustible con sistema de control cerrado.

5.1.4 Equipo de cuarta generación: Inyección de combustible multipunto secuencial.

5.2 ELEMENTOS DE UN KIT DE CONVERSIÓN.

5.2.1 Cilindro de Almacenamiento: Los cilindros de almacenamiento deben cumplir con la norma NTC 3847. Su función es almacenar el gas a alta presión, la presión promedio cuando está lleno es 3000 Psi, son recipientes totalmente herméticos contruidos en acero de alta resistencia maquinados en caliente con tratamientos térmicos, sin costuras. La presión de servicio debe estar impresa en la pared exterior del cilindro.

Figura 29 Fabricación de los cilindros de almacenaje.



Los cilindros son sometidos a pruebas destructivas de impacto que aseguran un margen de seguridad del 150 %. También son sometidos a pruebas hidráulicas destructivas hasta la rotura para determinar la resistencia real, y a pruebas hidráulicas no destructivas, luego se someten a pruebas neumáticas cercanas a 19.6 MPa, para establecer fugas. Por último se someten a pruebas cíclicas de carga y descarga. (40,000 Ciclos).

Capacidad de los cilindros esta dada en litros de agua, se encuentran en diferentes tamaños, 120, 100, 95, 65, 40, 38, 34 Lts.

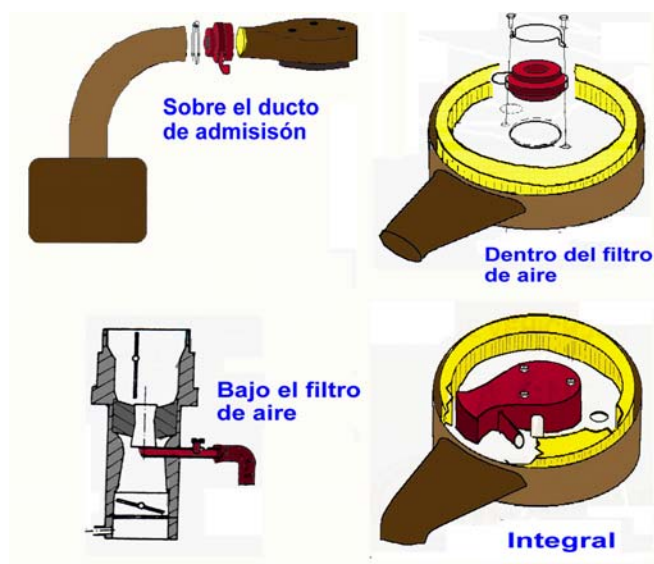
Figura 30 Corte de un cilindro de almacenaje



Los cilindros deben permanecer dentro del contorno del vehículo no proyectarse por encima del punto más alto de la estructura del vehículo. Estar ubicado a por lo menos 0,05 m de distancia del sistema de escape no afectar negativamente las características del vehículo. Todo cilindro antes de ser instalado debe ser protegido con un sistema especial de pintura que evita la acción corrosiva del medio ambiente sobre la pared externa del cilindro, estas capas de pintura deben ser saneadas cada vez que se presenten ralladuras.

5.2.2 El Mezclador Forma parte del sistema de alimentación de combustible, se encarga de mezclar el aire y el GNCV en las proporciones correctas bajo cualquier régimen de carga del motor. Existe una gran variedad de modelos. Es muy importante elegir el mezclador correcto para el tipo de motor a convertir, pues de eso dependerá su rendimiento. Se clasifican por la forma de acoplarse al sistema de alimentación de combustible, y dentro de esta clasificación se encuentran variaciones de funcionamiento de un modelo a otro. Ver figura 31.

Figura 31 Ubicación de algunos tipos de mezcladores



Este tipo de mezclador consiste en un tubo roscado, que se coloca atornillado en el cuerpo del carburador. Es importante verificar el sitio de ubicación del mezclador debido a que para su instalación es necesario perforar el carburador, un error puede ocasionar un daño permanente al cuerpo del carburador. Se usa generalmente en los carburadores de una sola boca.

Este tipo de mezclador no se puede utilizar en sistemas inyectados, debido a que en estos en el cuerpo de mariposas, no existen venturis.

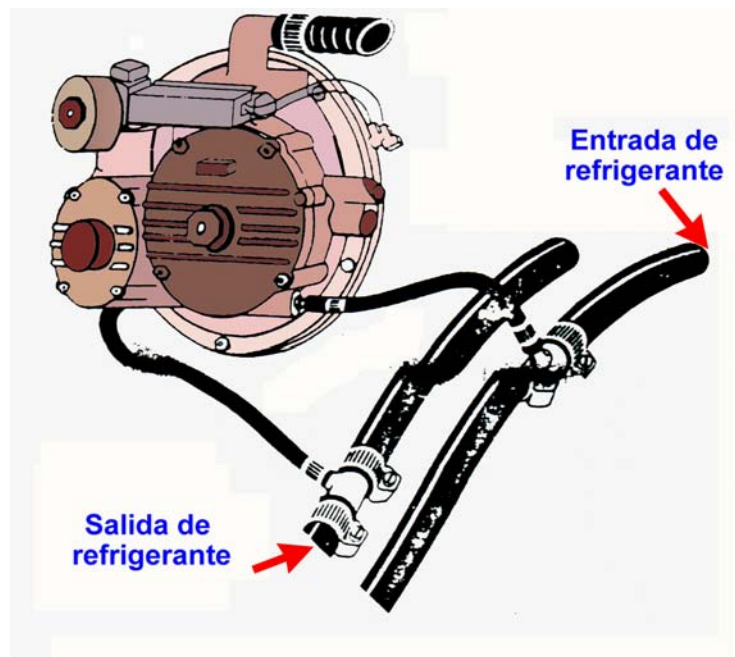
5.2.2.2 Mezclador tipo Brida. Este tipo de mezclador consiste en un cuerpo que tiene incorporado y debidamente ubicado el tubo del mezclador. Este sistema facilita la instalación pues permite una perfecta alineación. Se pueden ubicar sobre el carburador, algunos vienen con un mecanismo para enriquecer la mezcla, que consiste en una placa que restringe el paso del aire cuando el sistema trabaja con gas. El mecanismo de funcionamiento de esta placa puede ser: Eléctrico, mecánico, neumático o hidráulico

5.2.2.3 Mezclador tipo Plato. Consiste en una plancha con la forma de la base del cuerpo de aceleración. En la parte de máxima estrangulación, tiene una serie de orificios por donde fluye el gas. Va colocado entre la base del cuerpo de aceleración y el múltiple de admisión

5.2.2.4 Mezclador tipo Tubos. Se usa generalmente para los carburadores de dos o más bocas y consiste en un pequeño cuerpo donde está la entrada de gas y el tornillo de regulación. Se ubica sobre el carburador con los tubos dentro de las bocas de este. En el caso de los vehículos inyectados, se ubican sobre las boquillas de aire del cuerpo de aceleración.

5.2.3 El Regulador de Presión. Es un dispositivo por medio del cual se disminuye la presión del gas desde el cilindro de almacenamiento, hasta una presión similar a la atmosférica. Normalmente esta formado por dos o tres cámaras comunicadas entre si mediante una válvula, que permanece abierta todo el tiempo. La presión del gas vence la resistencia del resorte, y defleca el diafragma el cual cierra la válvula de entrada, permitiendo el paso a la siguiente etapa. Al Pasar de una etapa a otra, el gas experimenta una expansión con su correspondiente reducción de temperatura lo que puede ocasionar el congelamiento del gas. Para evitar esto se debe conectar el regulador al sistema de refrigeración, teniendo en cuenta de que no se presenten fugas. Ver figura 32.

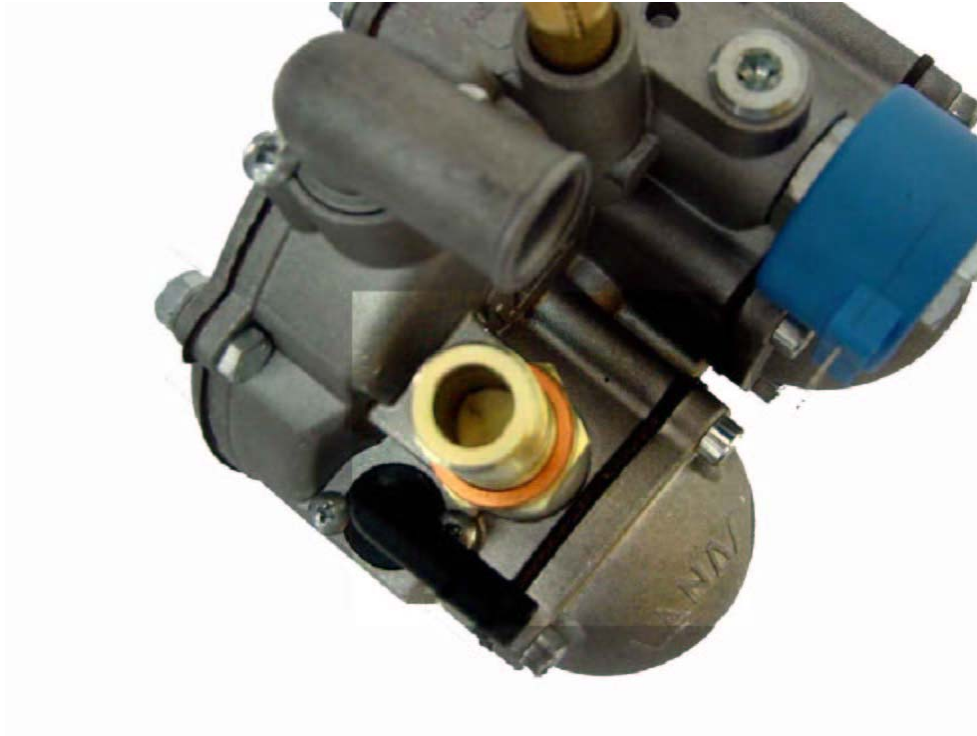
Figura 32 Conexión de las mangueras de refrigeración al reductor



El parámetro más importante en la elección del regulador, es la capacidad de responder a la demanda de gas del motor. Para este criterio se tiene en cuenta la capacidad volumétrica, o la potencia del motor, y en algunas ocasiones el consumo de combustible. El regulador debe contar con un sistema automático que evite el paso de combustible al mezclador cuando el motor se detiene. Este sistema puede estar instalado en el mismo regulador o aparte de él.

Se debe ubicar verticalmente y en sentido longitudinal al vehículo para evitar que los diafragmas internos sean afectados por la inercia en los momentos de aceleración y frenado. La salida de gas debe estar localizada en el punto más alto. Para evitar el ingreso de partículas que puedan afectar el funcionamiento del regulador, se ha incorporado un filtro en la entrada de gas. Ver figura 33.

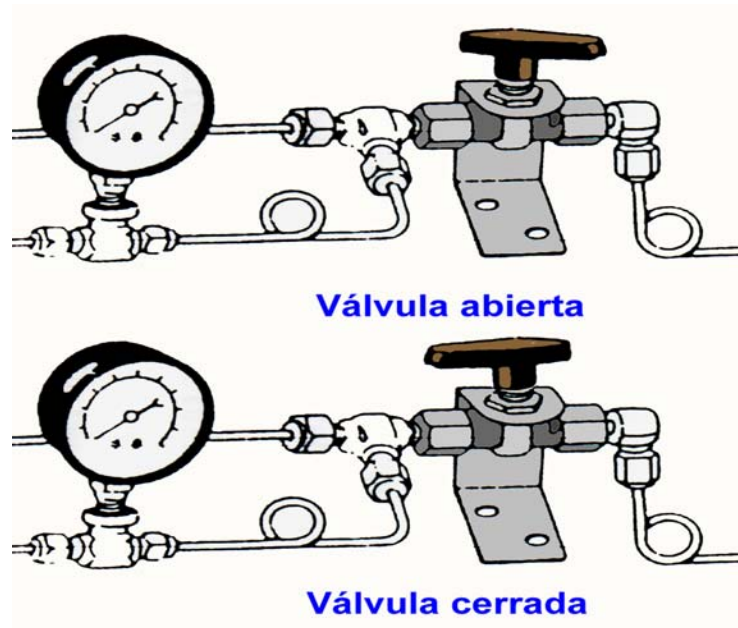
Figura 33 Posición del filtro en el Regulador



Cada cámara esta diseñada para soportar la presión máxima de servicio, con un factor de seguridad mínimo de 4. Debido a que el regulador posee sistema de calentamiento, debe ubicarse por debajo del nivel de llenado del líquido refrigerante.

5.2.4 Válvulas de cierre de emergencia. Son válvulas de accionamiento manual que permiten abrir o cerrar el paso del gas de un lugar a otro del sistema. Son diseñadas para soportar la presión hidrostática de prueba del cilindro sin sufrir deformaciones, y deben cerrar con $\frac{1}{4}$ de giro. Se fabrican en acero o bronce. Ver figura 34

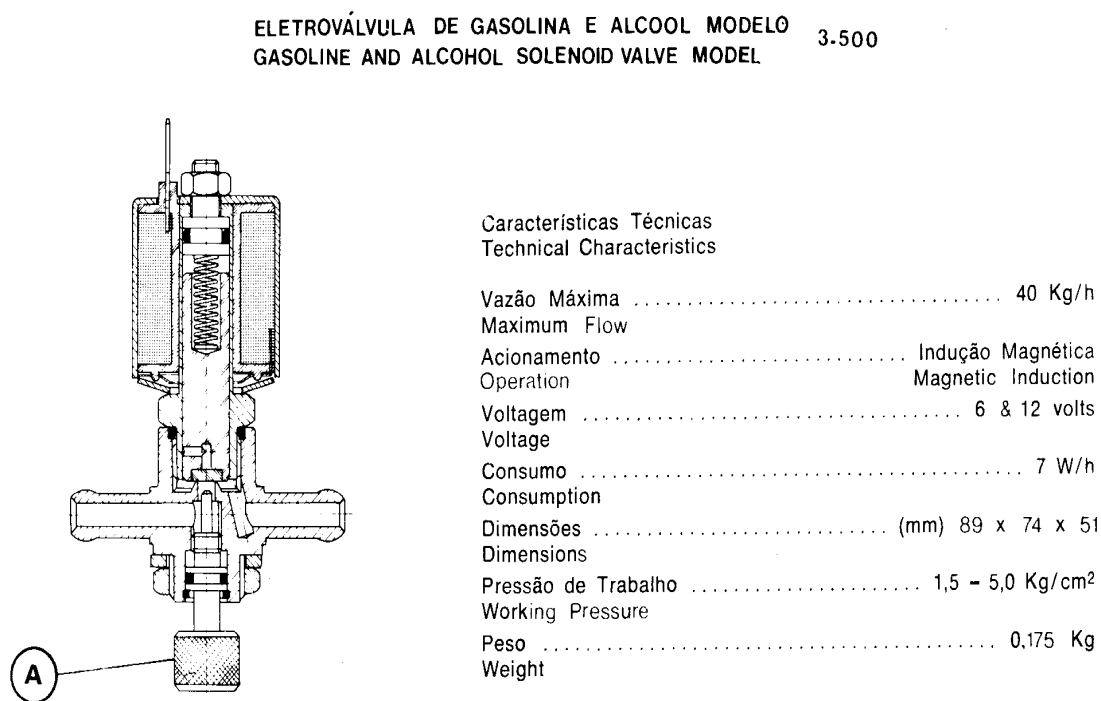
Figura 34 Válvula de cierre de emergencia



5.2.5 Electro válvulas de corte de combustible. Permiten cerrar o abrir el paso de combustible mediante una señal eléctrica proveniente del panel de instrumentos. Hay dos tipos de válvulas que son: Electro válvula de gasolina, la cual se utiliza en sistemas carburados, y la electro válvula de gas, especial para sistemas inyectados.

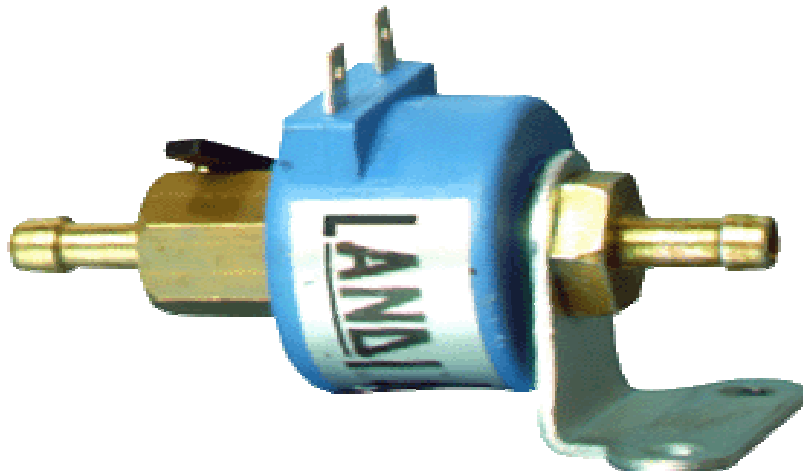
La electro válvula de gas posee un mecanismo de interrupción de flujo electromagnético, el cual interrumpe el paso de combustible hacia la ultima etapa del regulador cuando el conmutador pasa a gasolina. Ver figuras 35 y 36

Figura35 Esquema de la Electro válvula de gasolina



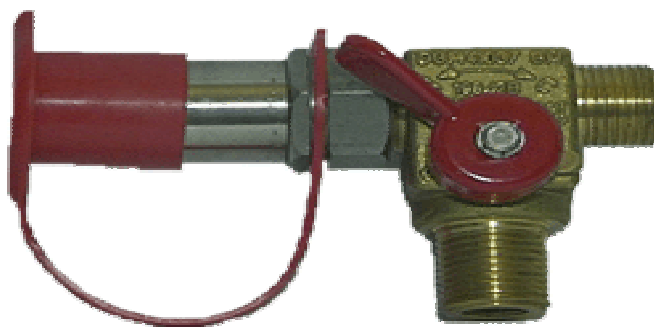
Están formadas por una bobina solenoide, núcleo y cilindro contenedor. El núcleo móvil mantiene el corte de combustible mediante la presión del resorte, al recibir la señal eléctrica la bobina crea el campo magnético que mueve el núcleo móvil hacia arriba dentro del núcleo fijo para abrir y suministrar combustible. Cuando el vehículo opera con gasolina la electro válvula de gas se desactiva.

Figura 36 Electro válvula de corte de combustible



5.2.6 La Válvula de llenado. Es una válvula tipo cheque, que permite el paso del surtidor a los cilindros en el momento de llenado. Mientras no se presenta la labor de llenado, la válvula interna de retención cierra la salida de gas hacia la atmósfera, Al presentarse la función de llenado, la diferencia de presión vence la resistencia de la válvula cheque, abriendo el paso del gas al interior del sistema. Ver figura 37.

Figura 37 Válvula de llenado tipo NGV 1

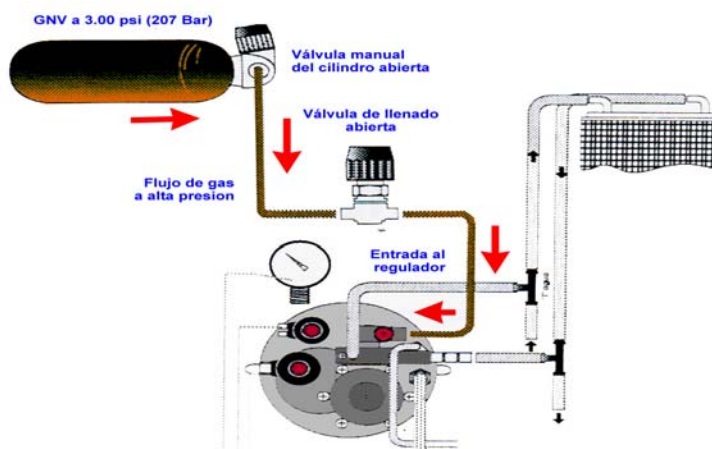


Existen diferentes modelos los cuales se diferencian por: La entrada de la conexión de la manguera de abastecimiento, Que pueden ser de 7/16 de pulgada para trabajo de 2,500 Psi, y de

½ Pulgada para trabajo de 3,000 Psi. Por el tipo de sistema anti-retorno, que puede ser de válvula de retención incorporada, o de válvula de cierre manual incorporada o independiente. Y por el tipo de acople, que puede ser roscado o de conexión rápida.

5.2.7 Tuberías, mangueras y accesorios. La función de la tubería es la de comunicar los cilindros entre si y a ellos con el resto del equipo instalado. Para acoplar el sistema de GNCV estos elementos deben poseer una característica especial en su construcción, ya que el material debe ser resistente a la acción química del gas y puedan soportar cuatro (4) veces la presión de trabajo cuando se encuentren ubicadas aguas arriba de la primera etapa de regulación, y cinco (5) veces cuando se encuentren ubicadas aguas abajo de la primera etapa de regulación. Ver figura 38.

Figura 38 Flujo de gas del cilindro al regulador.



La manguera que comunica al reductor de baja presión con el mezclador de gas, debe ir asegurado con abrazaderas del diámetro adecuado y de material galvanizado que evite la corrosión y su rápido deterioro.

Las mangueras de vacío su construcción debe ser de caucho de optima calidad para que no se contraigan durante la operación normal de las electro válvulas, además de ser muy flexibles.

Las mangueras de agua o refrigerante utilizadas en el sistema de GNCV están fabricadas para ser sometidas a todo cambio de temperatura, sin cristalizarse, y solo podrán ser utilizadas para soportar bajas presiones. Las mangueras para baja presión que se utilizan en el sistema de GNCV deben estar fabricadas para soportar temperaturas de hasta 120 grados C y 5 veces la máxima presión de servicio, estas mangueras solo pueden conducir el GNCV desde el regulador al carburador.

Toda la tubería utilizada de alta presión en el sistema de GNCV esta fabricada de acero, y no debe usarse de cobre o aluminio, deben soportar presiones de trabajo de 3000 Psi y presiones de prueba de hasta 14000 Psi sin sufrir falla estructural.

Las tuberías para conducir el gas a alta presión se construyen sin costuras, y llevan recubrimientos para evitar corrosión, sus extremos son ribeteados para evitar fugas en los acoples. No deben llevar uniones en tramos menores de 6 Mts. Las tuberías que presenten averías o rupturas no se deben reparar, deben cambiarse por otras nuevas. Entre los accesorios están las juntas o conexiones que deben estar fabricadas en acero y en capacidad de soportar presiones de 14000 Psi. El uso de adaptadores para unir la tubería rígida a la válvula de cierre manual del cilindro esta totalmente prohibido por las normas que reglamentan los elementos del kit de conversión. (NTC 4821)

5.2.8 Sensor de oxígeno. Se utiliza para medir el oxígeno que queda después de la combustión, está ubicado en los ductos de escape y está compuesto de una celda electroquímica que atrae iones de oxígeno. Este sensor da una señal que va al módulo emulador que regula a la electroválvula reductora montada en el regulador de gas. Un exceso de oxígeno indica una mezcla pobre y una gran pérdida de potencia. Una falta de oxígeno indica un exceso en la cantidad de gas suministrado, el cual no se utiliza en la combustión y se desperdicia, produciendo un aumento de los hidrocarburos totales no quemados THC. Cuando se presenta una mezcla pobre la válvula se abre y cuando la mezcla es rica se cierra.

5.2.9 Variador de avance. Cuando hacemos la conversión de un vehículo a GNCV el sistema pasa a ser Bi-combustible (gasolina – gas) y el comportamiento en el proceso de encendido se altera, provocando dos tipos de situaciones.

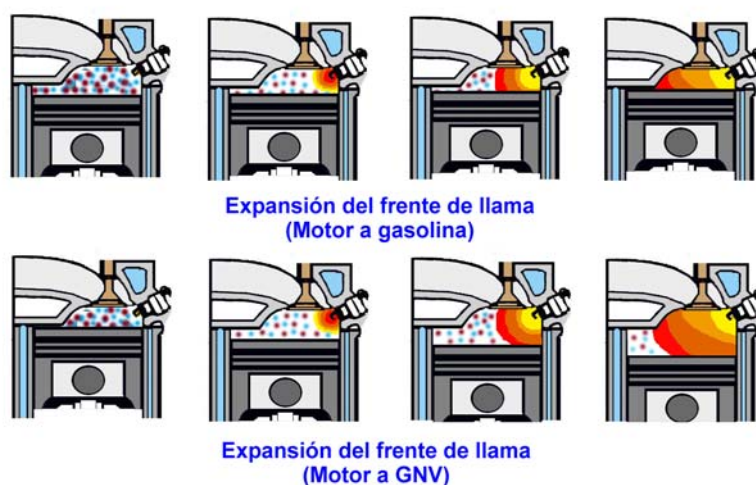
La mezcla aire – gas tiene un tiempo de combustión más lento con respecto a la gasolina. (Menor velocidad de quemado), y por ser un combustible seco, tiene una mayor resistencia eléctrica. Ver figura 39.

Con el Variador de avance solucionamos estos problemas. En el primer caso se cambia la curva de encendido del sistema original, aumentando el avance de chispa de 12° a 13° más que la gasolina.

La velocidad de llama del GNCV es de 2,2 ft/seg. y La velocidad de llama de la gasolina es de 2,7 ft/seg.

En el segundo caso se debe producir más poder de chispa en las bujías, produciendo un mayor Kilo voltaje de chispa en la bobina por lo que necesita una modificación adicional, en el avance de encendido entre 1° y 2° al avance básico o de posición del distribuidor.

Figura 39 Comparación de la expansión del frente de llama



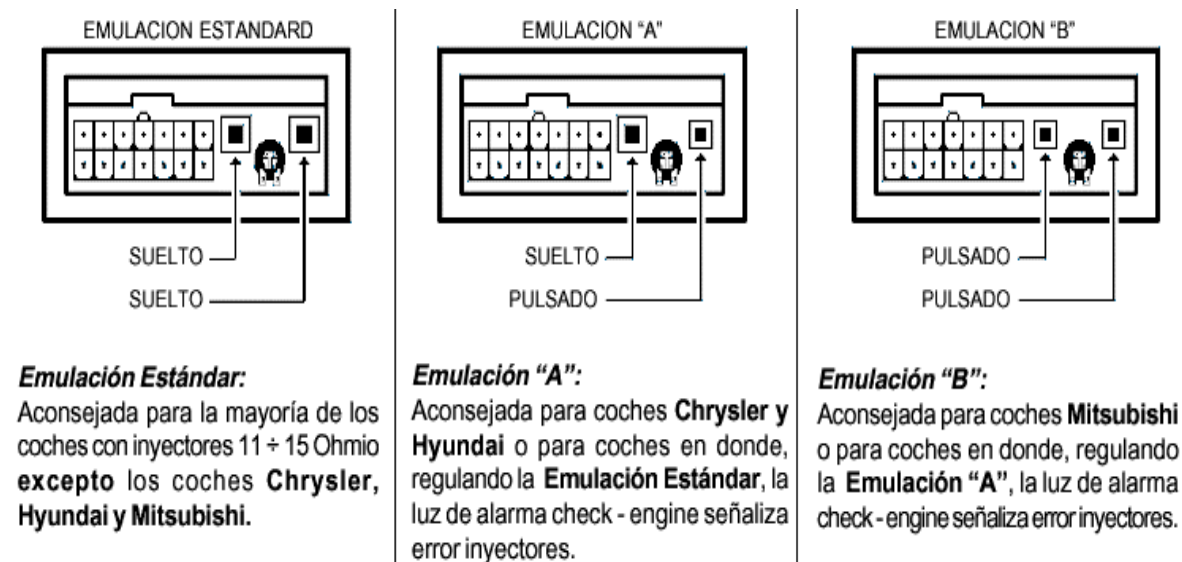
Al instalar un variador de avance se obtienen además las siguientes ventajas: mejor desempeño en la fase de aceleración. Se eliminan los problemas de retorno de llama. Menor consumo de combustible. El variador de avance se selecciona según las especificaciones del fabricante y de las características técnicas del motor.

5.2.10 Emulador de inyectores. Este elemento es un dispositivo electrónico que engaña al computador del motor, cuya función principal es la de mantener cerrados los inyectores cuando el motor pasa a trabajar con gas, y al mismo tiempo hace que el computador no detecte este factor de funcionamiento.

Ver figura 40.



Figura 40 El Emulador de inyectores y su funcionamiento.

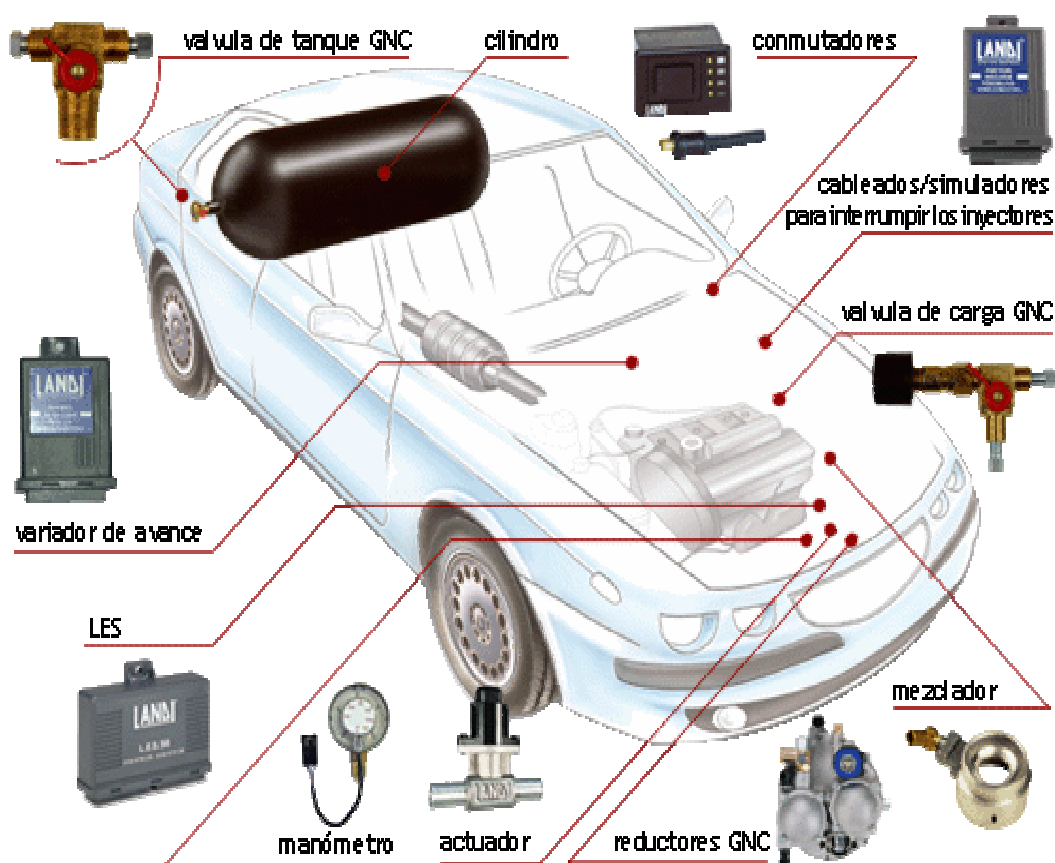


5.2.11 Manómetro de presión. Este elemento va acoplado sobre el regulador y nos permite leer la cantidad de GNCV que se encuentra en el cilindro de almacenamiento. Existen tres tipos de manómetros de presión. Los de lectura rápida, poseen un indicador que permite hacer la lectura directa de la presión remanente en los cilindros. Los Electrónicos, los cuales convierten la señal de presión en una señal eléctrica, mediante un transductor convertidor electrónico, y la envía a un indicador que la presenta en forma digital y en fracciones del cilindro lleno o en forma gráfica. Y los medidores combinados son semejantes a los medidores electrónicos, pero además tienen un indicador colocado junto al transductor que permite hacer una lectura directa de la presión.

6. INSTALACION DE UN KIT DE CONVERSION.

La resolución No. 80582 de abril de 1.996 emitida por el Ministerio de Minas y Energía establece los requisitos para la instalación de los componentes del kit de conversión para vehículos que funcionen con Gas Natural comprimido en forma dedicada o bi-combustibles Gasolina-Gas Natural. La figura 45 muestra los componentes de un kit de conversión típico.

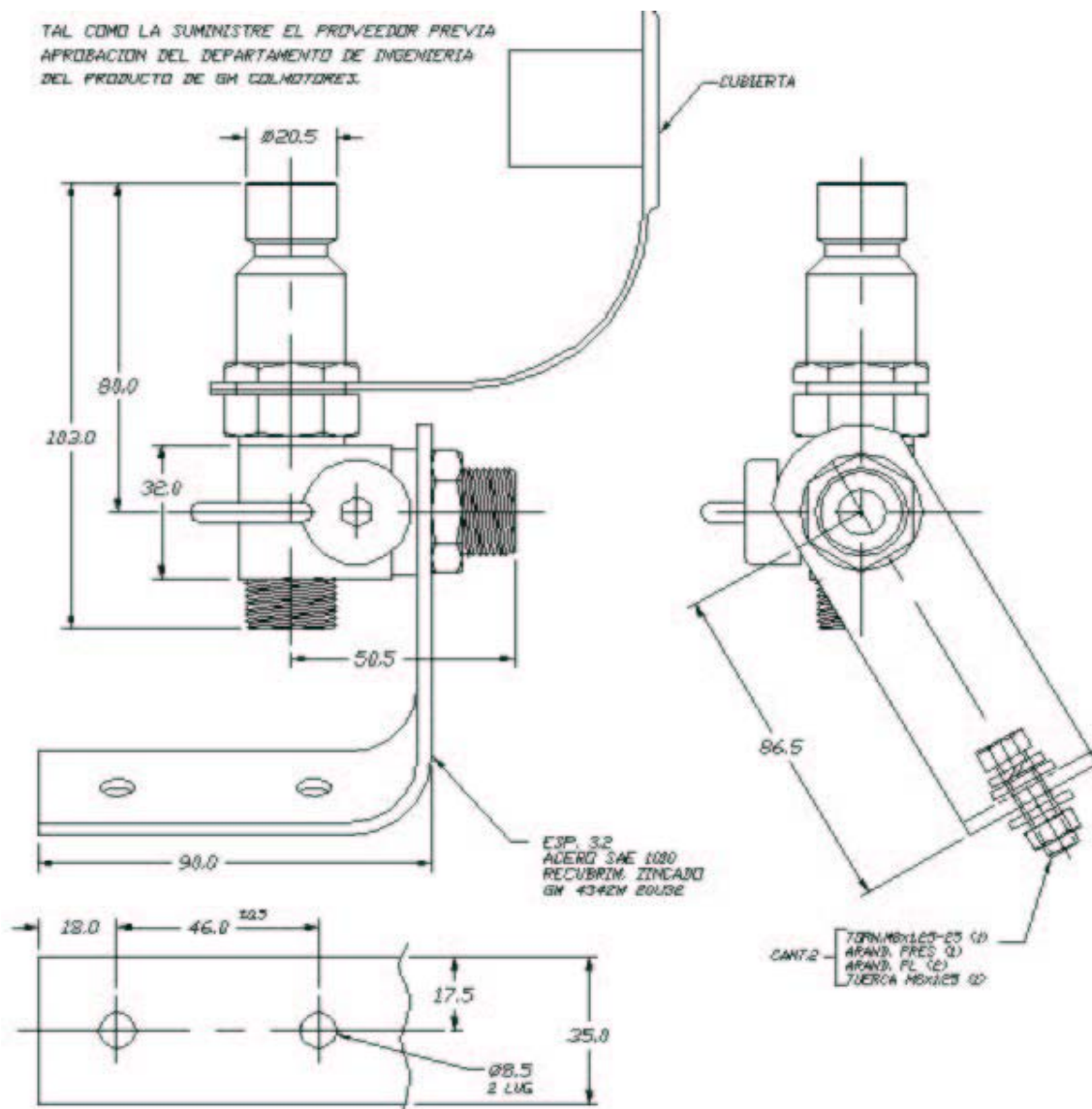
Figura 41. Kit de conversión a GNCV



6.1 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE LLENADO Y ALMACENAMIENTO

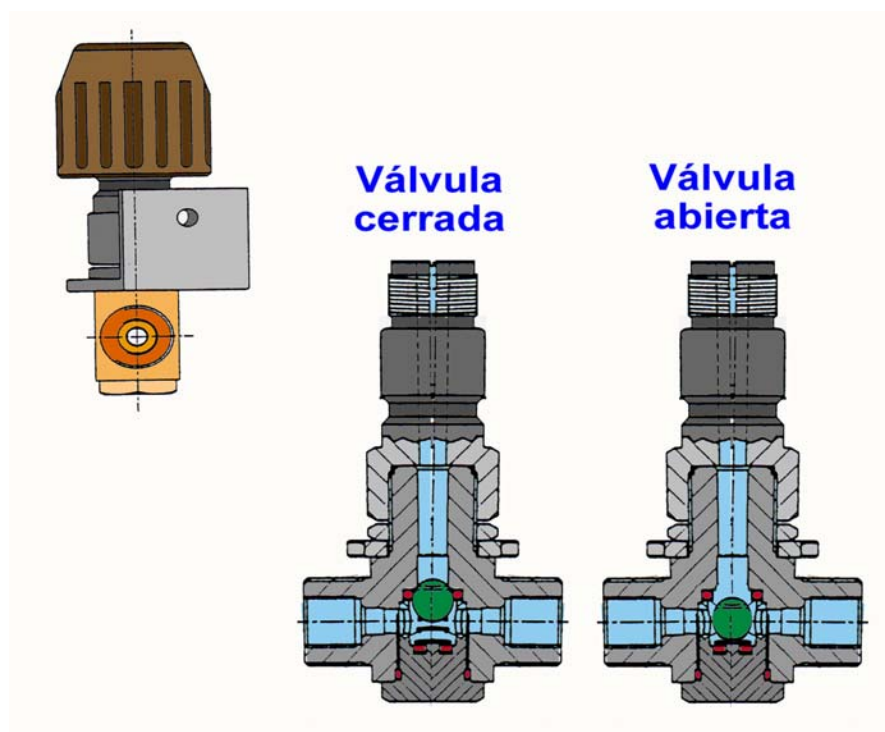
Este sistema incluye: La válvula de llenado, el cilindro de almacenamiento, la válvula del cilindro, la tubería de alimentación y el sistema de venteo

Figura 42. Plano de instalación de la válvula de llenado



6.1.1 Instalación de la válvula de llenado. Debe ir colocada al lado izquierdo del compartimiento del motor. En un sitio donde se pueda fijar fuertemente, para que no sufra desajustes por vibración, y que este protegida por salpicaduras de lodo y agua, lo mismo que de impactos en caso de accidente. El lugar debe ser de fácil acceso para facilitar su operación, y el desmonte para mantenimiento. También debe facilitar la conexión de la manguera de llenado proveniente del surtidor de GNCV. Debe ser capaz de soportar una fuerza estática de 50 Kg. aplicada en cualquier dirección. La figura. 42 muestra un plano para la instalación de esta válvula, en la figura 43 se puede apreciar una válvula de llenado típica.

Figura 43 Válvula de llenado

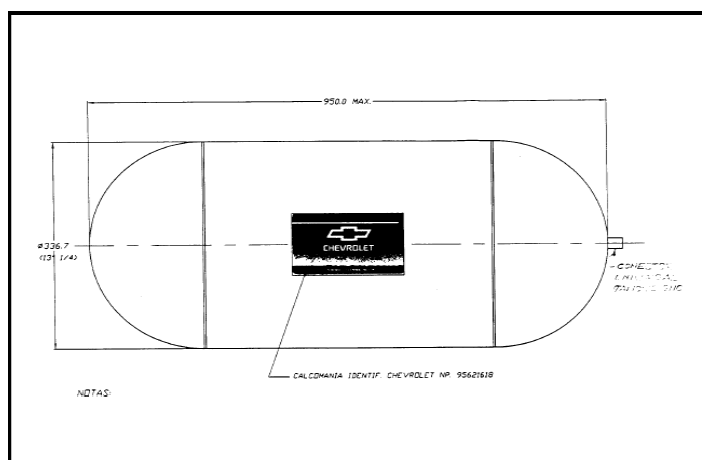


Su fijación se realiza a través de la parte inferior.

La válvula de llenado es de tipo cheque (Retención), permite el paso del surtidor a los cilindros en el momento de llenado. El sistema de acople es del tipo conexión rápida Mientras no se ejecute la labor de llenado la válvula interna de retención sella la salida hacia la atmósfera. Cuando se esta llenando el cilindro, se presiona la válvula cheque abriendo el paso al interior del sistema, el gas fluye por diferencia de presiones. Durante el llenado, el motor se encuentra apagado, y el paso de gas hacia el regulador o reductor se cierra automáticamente mediante una electro válvula. De esta forma el flujo por diferencia de presión solo existe hacia los cilindros. La válvula no se puede instalar más alto que el regulador de presión.

6.1.2 Instalación del cilindro de almacenamiento. Deben colocarse en una parte plana y correctamente alineados. En los automóviles se coloca dentro del baúl. El cilindro debe cumplir con la norma NTC 3847, y debe traer un rotulo especificando su presión máxima. Ver figura 44.

Figura 44. Cilindro de almacenaje



La superficie de los cilindros debe estar libre de contaminantes como aceite, grasa e impurezas, se puede utilizar cualquier tipo de desengrasante industrial y luego se debe lavar con agua. Debe

colocarse una protección de caucho entre los herrajes y el cilindro para evitar el contacto metal-metal.

Para asegurar los cilindros a la carrocería del vehículo se debe utilizar una serie de herrajes los cuales hacen parte del kit de conversión. Estos herrajes deben ser alineados mediante la utilización de una barra recta y un nivel. No es aconsejable aumentar el diámetro de los agujeros del herraje ni realizar nuevas perforaciones.

Figura 45. Algunos sitios de instalación de los cilindros



Al instalar el (los) Cilindro (s) se debe tener en cuenta de que exista un fácil acceso a la manipulación de las válvulas, y al mismo tiempo que las conexiones estén protegidas contra

daños que puedan ser causados por elementos sueltos o estacionarios. La instalación de los cilindros debe cumplir con las especificaciones contempladas en la Norma Técnica Colombiana NTC 4821.

6.1.3 Instalación de la válvula de cilindro. Este es el elemento que permite el paso de gas desde o hacia los cilindros, Se enrosca directamente al cuello del cilindro, Las roscas son normalizadas. Rosca Withworth 28.8 de 14 hilos por pulgada DIN 477. Ver figura 46. La rosca que conecta la tubería de alta presión de 6 mm es M 12. La válvula se enrosca al cilindro de tal forma que después de apretada se pueda posicionar para que la mariposa de cierre quede en una zona de fácil manipulación. La válvula esta provista de un dispositivo de alivio de presión, y un dispositivo de control de exceso de flujo.

Figura 46. Válvula de cilindro



Es muy importante la aplicación de suficiente teflón a la rosca de la válvula, ocho vueltas como mínimo, para garantizar un buen sellado. Para su instalación se debe utilizar una herramienta

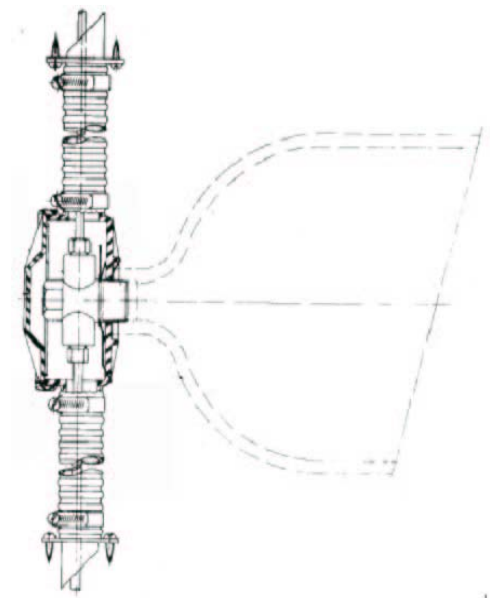
llamada “El dado Emer”, cuya referencia es VAL 14062. El torque de apriete no debe exceder de 100 lb.-pie.

La válvula de cilindro esta provista de un dispositivo de alivio de presión el cual permite aliviar la presión del GNCV en caso de una sobre presión causada por incendio o accidente del vehículo. Esta siempre en contacto con el GNCV independientemente si la válvula esta abierta o cerrada. Este dispositivo esta compuesto por disco de ruptura y tapón fusible. El dispositivo actúa al ocurrir una sobre presión (6.000 Ippc) rompiéndose el tapón fusible y luego el disco de ruptura. En caso de incendio el tapón fusible se fundirá a una temperatura aproximada a los 100 grados centígrados.

La válvula de cilindro esta provista también de un dispositivo de control de exceso de flujo, el cual impide que la totalidad de GNCV almacenado en el cilindro sea descargado a la atmósfera en el caso de una ruptura de la tubería de alta presión. Se acciona mecánicamente al crearse una diferencia significativa de presión en el sistema

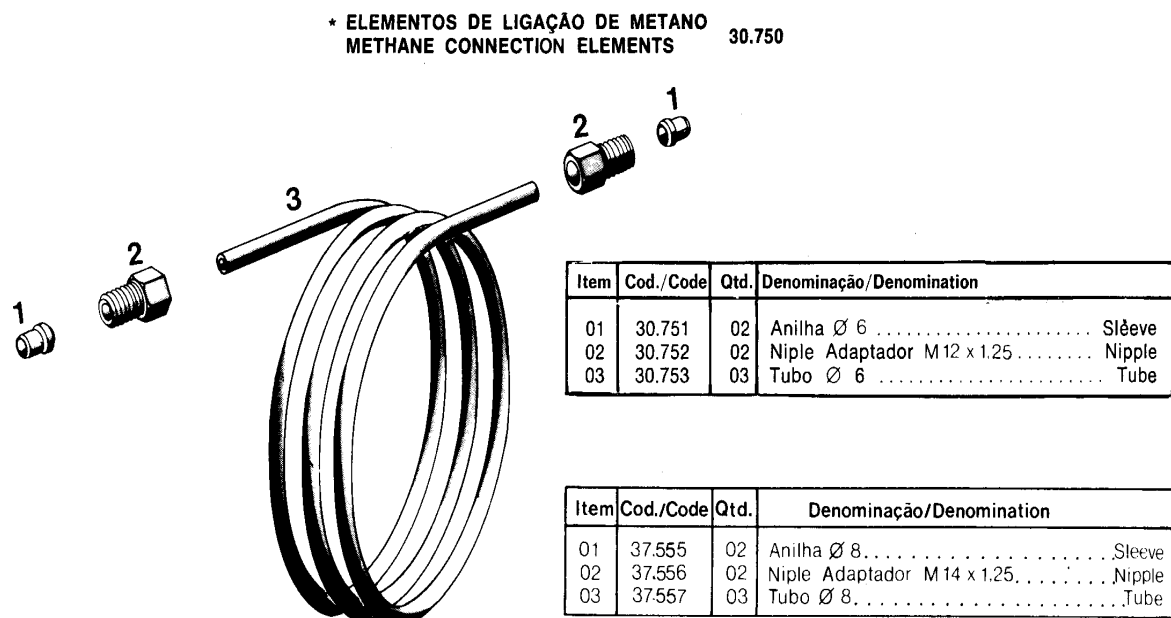
6.1.4 Instalación del conjunto de ventilación. Cuando los cilindros están ubicados en un recinto cerrado, como el baúl del auto, o en el habitáculo de los pasajeros, es necesario colocar un sistema hermético con ventilación al exterior. Está compuesto por un contenedor hermético con dos mangueras resortadas, una para la tubería que llega al cilindro y la otra para ventear el gas al exterior. El contenedor y las mangueras se ajustan con amarres plásticos, para garantizar la hermeticidad del sistema. Ver figuras 47 y 48.

Figura 47. Diagrama Sistema de ventilación. Figura 48. Sistema de ventilación en uso



6.1.5 Instalación de la tubería de alimentación.

Figura 48. Tubería de alta presión y sus componentes



Está fabricada en acero sin costuras y con recubrimientos anticorrosivos, se prueban a una presión de 14.000 Psi, sin que presenten ninguna falla estructural. La presión de trabajo será de aproximadamente 3.000 Psi. Esta tubería se coloca entre la válvula de llenado y el cilindro, y entre la válvula de llenado y el regulador de presión. Entre cada dos elementos del sistema de alta presión se han dispuesto lasos (cola de marrano) de por lo menos dos vueltas y un diámetro mínimo de 50 mm, para garantizar la flexibilidad del sistema. Se instalan primero los conectores que permitirán la unión de la tubería con la válvula del cilindro. Se introduce el racor en la tubería y luego se coloca el bicono, dejando unos 5 mm libre en el extremo final de la misma.

Luego se procede a ajustar el racor a la válvula del cilindro hasta que el racor llegue a su tope. No se debe utilizar cinta teflón en la rosca del racor.

Figura 49. Instalación de la tubería de alta presión

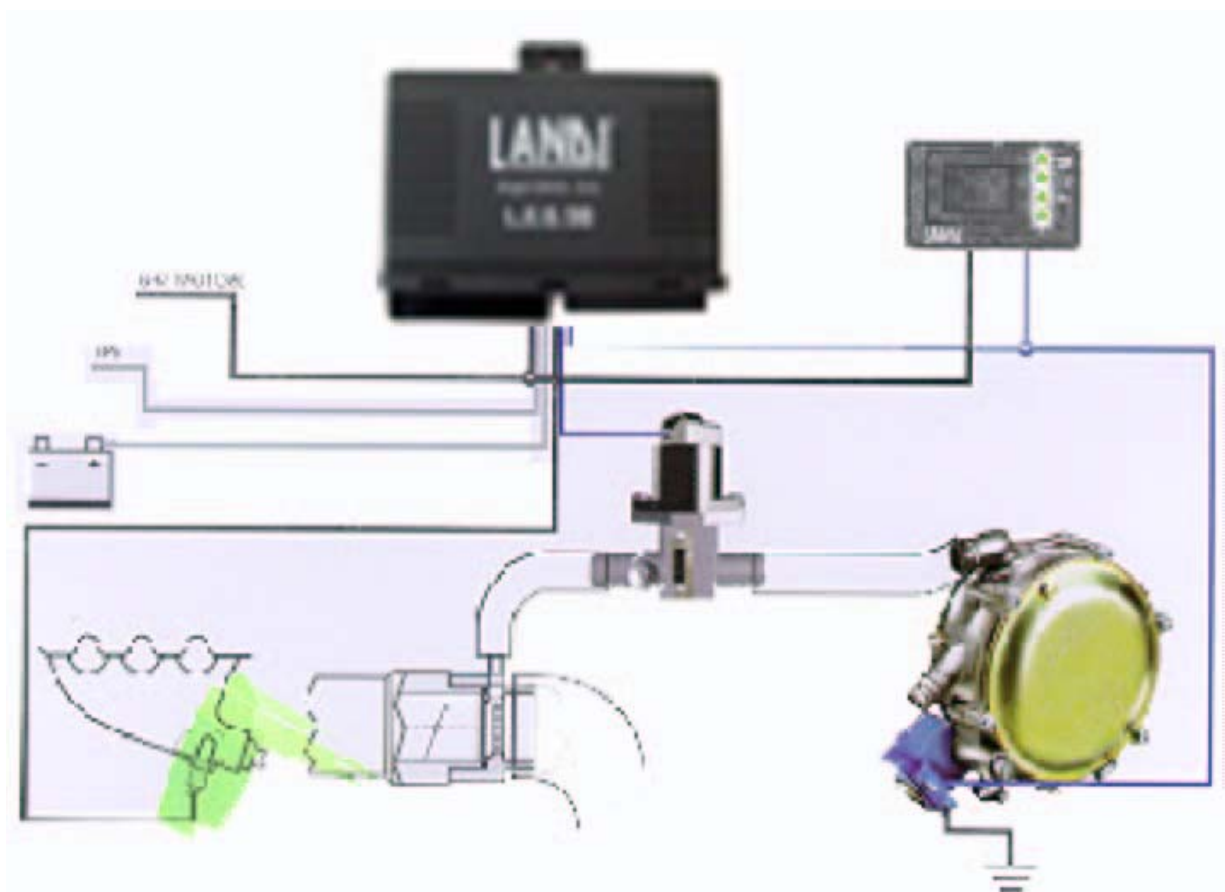


La tubería se debe instalar a una distancia mínima de 100mm del sistema de escape, y se debe seguir el camino más práctico y corto desde el cilindro a la válvula de llenado. Debe estar protegida contra daños o roturas y contra desgaste por rozamiento. Nunca se deben realizar uniones con mecanismos o elementos diferentes a accesorios para alta presión.

6.2 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE REGULACIÓN Y DOSIFICACIÓN

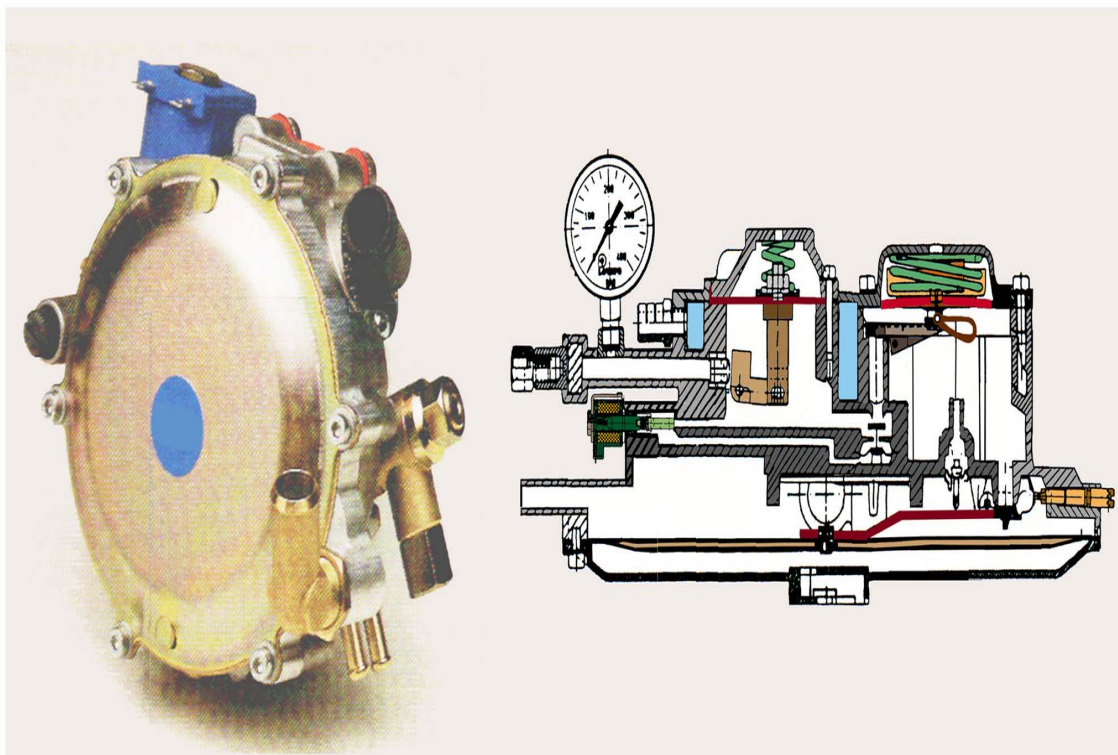
Este sistema consta del regulador de presión y el mezclador. El regulador recibe el combustible del sistema de almacenamiento, y este lo entrega a una presión determinada al mezclador, de donde se suministra a todo el sistema. Ver figura 50.

Figura 50. Elementos del sistema de dosificación



6.2.1 Instalación del regulador o reductor de presión El reductor de presión se debe ubicar dentro del compartimiento del motor, en posición vertical y en sentido longitudinal al vehículo, y con la salida del gas en el punto más alto, para que los diafragmas internos no se vean afectados por la inercia en el momento de acelerar o frenar. Se debe escoger un sitio que permita una fuerte fijación para evitar desajustes por vibración, y que a la vez este protegido contra impactos y salpicaduras de agua o lodo. Para su fijación se utiliza una platina y se asegura de la parte media del elemento. El sitio debe presentar fácil acceso para su mantenimiento o desmonte.

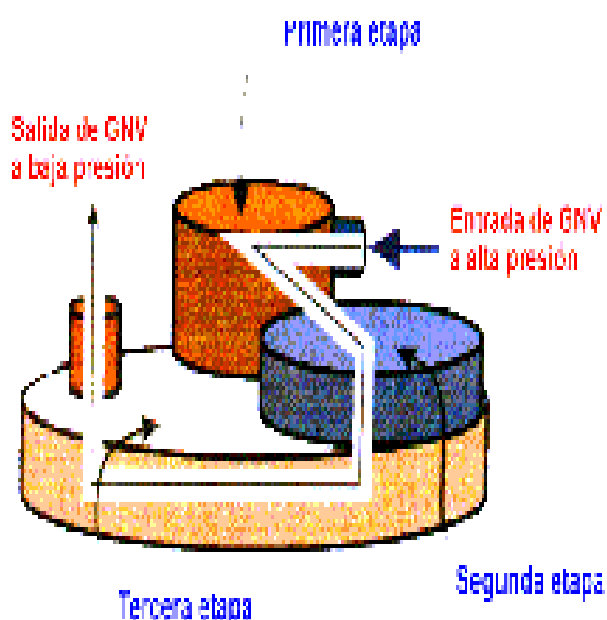
Figura 51. Regulador de presión



El regulador no puede ubicarse por encima del nivel de refrigerante en el radiador. La función del regulador es la de disminuir en varias etapas la presión del gas desde el sistema de

almacenamiento hasta una presión aproximada a la presión atmosférica. En la primera etapa se reduce de 3.000 Psi a 40 o 60 Psi, en la segunda etapa se reduce del valor anterior a aproximadamente 5 Psi, y la última etapa entrega el gas a una presión ligeramente superior a la presión atmosférica. Ver figuras 51, 52 y 53.

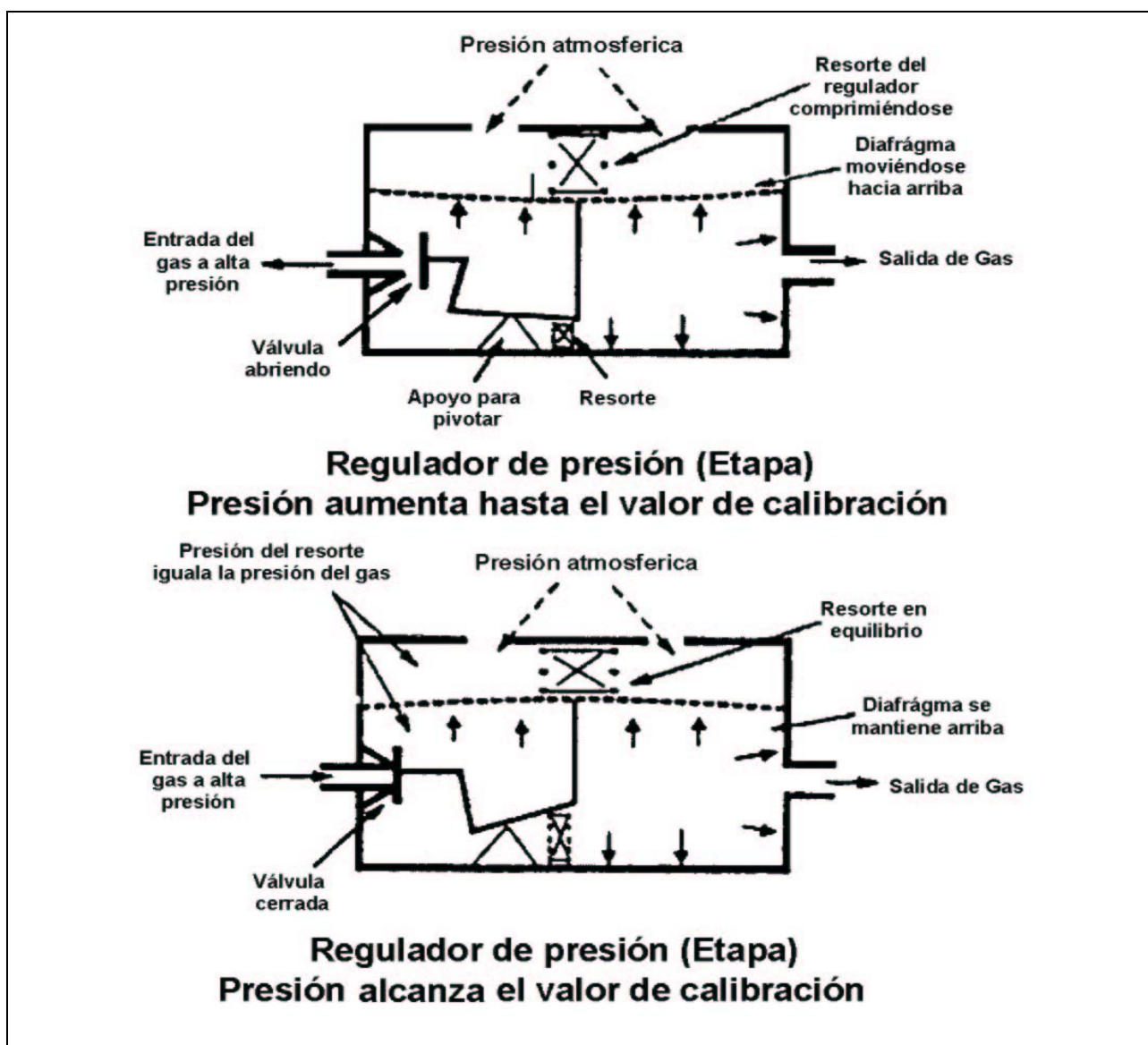
Figura 52. Reducción de presión en un regulador



En la primera etapa el gas pasa a través de un orificio a una cámara de mayor volumen, reduciendo así la presión y aumentando su volumen. Al aumentar el volumen el gas tiende a congelarse, por lo que se hace necesaria la instalación de un sistema de calefacción, proveniente del sistema de refrigeración. En esta etapa el gas pasa por tres cámaras, cada una de las cuales se comunica con la siguiente por medio de una válvula en un circuito cerrado. La presión del gas al entrar deflecta el diafragma venciendo la resistencia del resorte, en este momento se cierra la válvula de entrada y el gas pasa a la siguiente etapa, cada vez que se cierra la válvula de entrada

el gas pasa a la etapa siguiente, y no entra mas gas hasta que pasa a la siguiente. En la última etapa, el diafragma de esta cámara tiende a plegarse debido al vacío relativo proveniente del motor, permitiendo el paso de gas hacia el múltiple de admisión.

Figura 53. Etapas de reducción de presión dentro del regulador



En el regulador están localizados el tornillo de calibración de mínima y la electro válvula de gas, la cual posee un mecanismo que interrumpe electro magnéticamente el paso de gas hacia la

ultima etapa del regulador. Ver figura 54. Cuando se pasa el motor a trabajar con gasolina. La electro válvula consta básicamente de una bobina solenoide, núcleo fijo, cilindro contenedor, resorte y núcleo móvil.

Figura 54. Regulador de presión con tornillo de control de mínima No 1 y Electro válvula de gas No 2



Figura 55. Electro válvula de gas sin bobina



El tornillo de graduación de mínima actúa directamente sobre la palanca de la válvula en la última etapa, y da mayor o menor sensibilidad a la respuesta del regulador con relación al vacío proveniente del mezclador. La graduación del flujo de gas en máxima se realiza a través del motor paso a paso ubicado en la manguera de baja presión entre el regulador y el mezclador. Ver figura 56.

Figura 56. Tornillo de control de mínima.

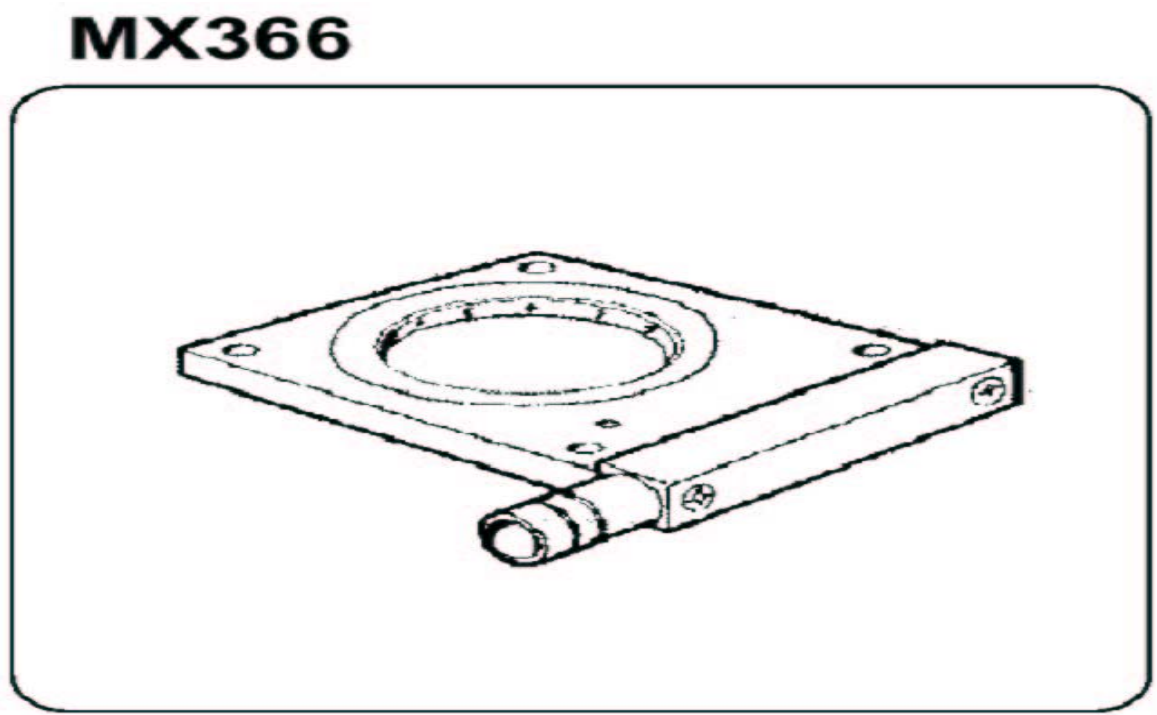


6.2.2 Instalación del mezclador. Para la ubicación del mezclador se debe tener en cuenta el tipo de sistema de alimentación de combustible del vehículo, de carburador o de inyección, o si es bi-combustible o dedicado. Se debe fijar al sistema de admisión de aire del vehículo, teniendo en cuenta de no dejar entradas adicionales de aire que provocarían un mal funcionamiento del motor por empobrecimiento de la mezcla. Para instalar el mezclador tipo plato es necesario

Figura 57. Ubicación del mezclador en el cuerpo de aceleración.



Figura 58. Diagrama de un mezclador Landi venturi tipo plato.



6.3 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

Este sistema comprende todos los elementos electrónicos controladores, como son:

Conmutador o selector de combustible.

Variador de avance.

Control de mezcla LES 98

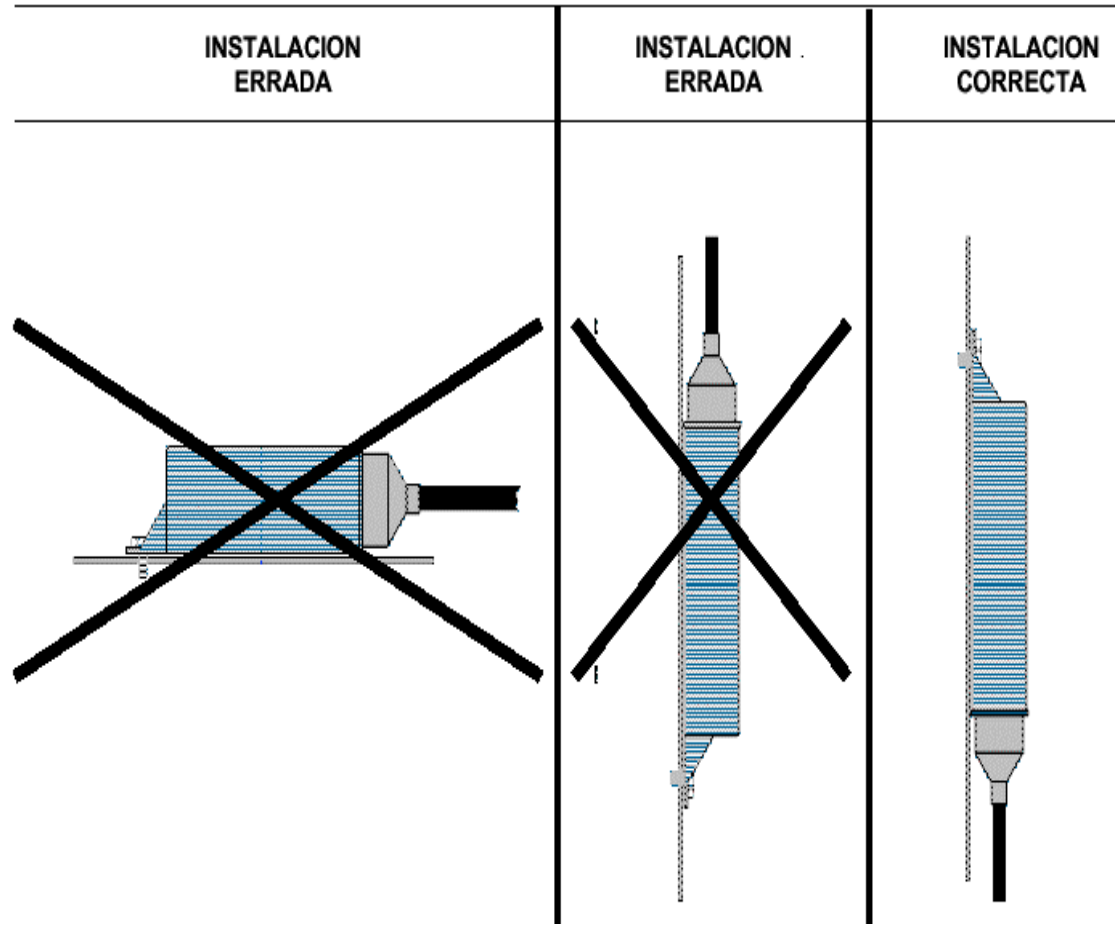
Motor paso a paso.

Nivel de Rpm para cambio gasolina – gas.

Corte de energía para inyectores.

Selector e indicador de Nivel de combustible.

Figura 59. Forma de instalar los elementos de control



6.3.1 Instalación del conmutador o selector de combustible. Debe ir ubicado en el panel de instrumentos a la derecha del volante y unos 30 cm. debajo de este, fácilmente visible por el conductor. Para fijarlo se utilizan tornillos auto roscantes o remaches directamente al tablero o usando una base suministrada para tal efecto, siguiendo las instrucciones de instalación del fabricante. Tiene un conector de cuatro terminales para obtener las señales necesarias

provenientes de LES 98. (Rpm, presión de gas, Línea de corriente 12V, tierra y control de cambio de combustible). Se debe instalar un fusible de protección en la toma de voltaje. Los cables deben estar alejados de las fuentes de calor y protegidos contra corte o ruptura.

Figura. 60 Conmutador manual



Figura. 61 Conmutador automatico

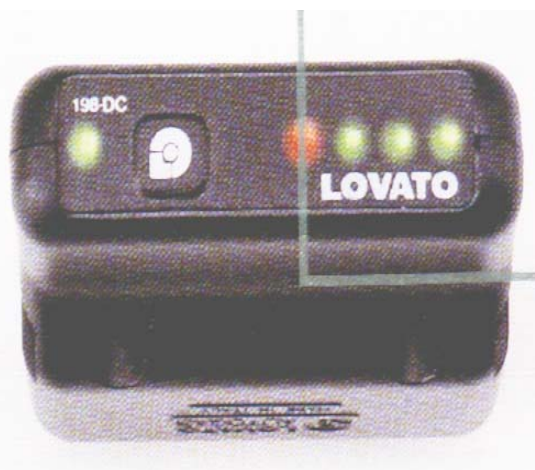


Figura 62. Conmutadores landi.

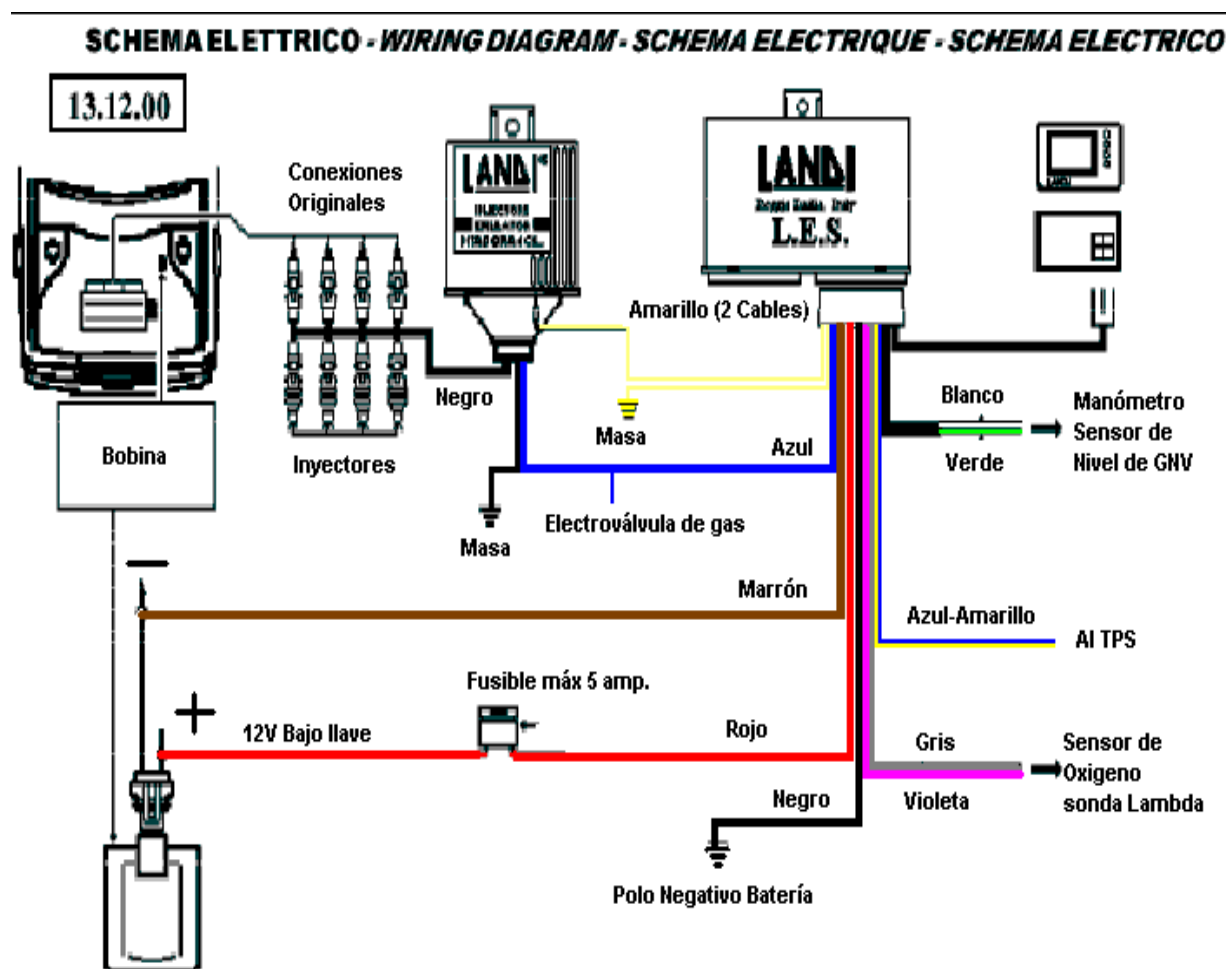


Tabla 8. Normalización de colores para instalaciones eléctricas con GNCV

COLOR	LINEA CORRESPONDIENTE A
AZUL	GAS
ROJO	IGNICION
VERDE	GASOLINA
NEGRO	CONEXION DE PUESTA A TIERRA

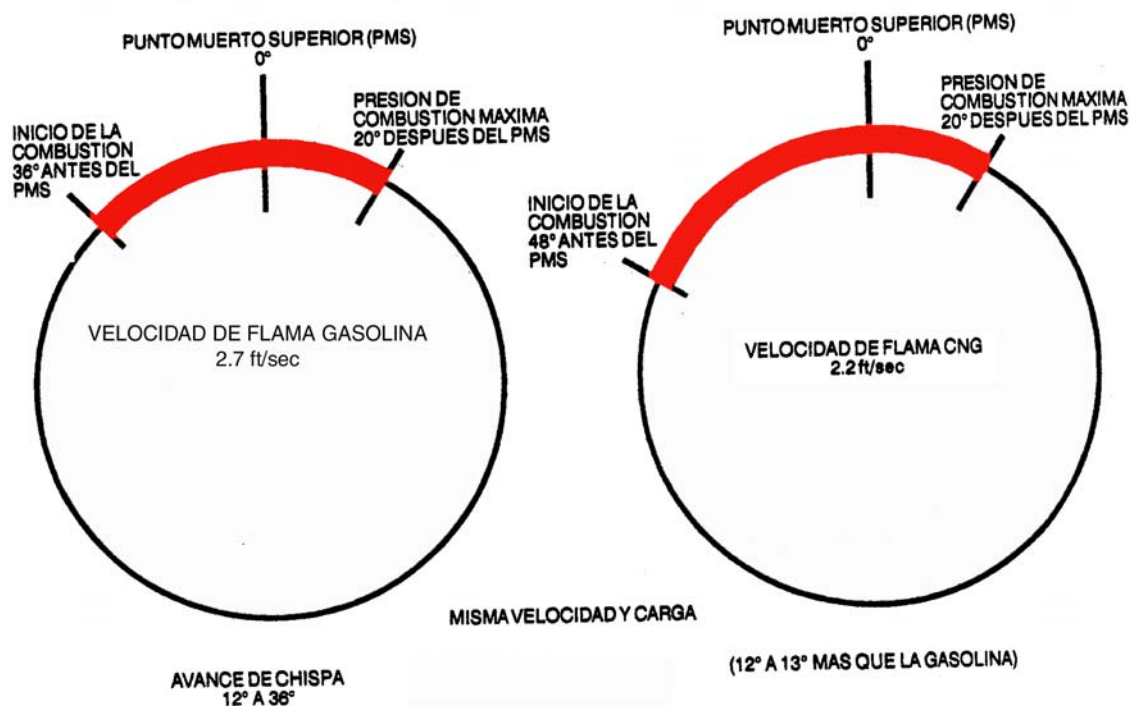
Fuente Normas Técnicas Colombianas NTC 4821 2.5.8

Figura 63. Diagrama eléctrico para componentes del sistema de control



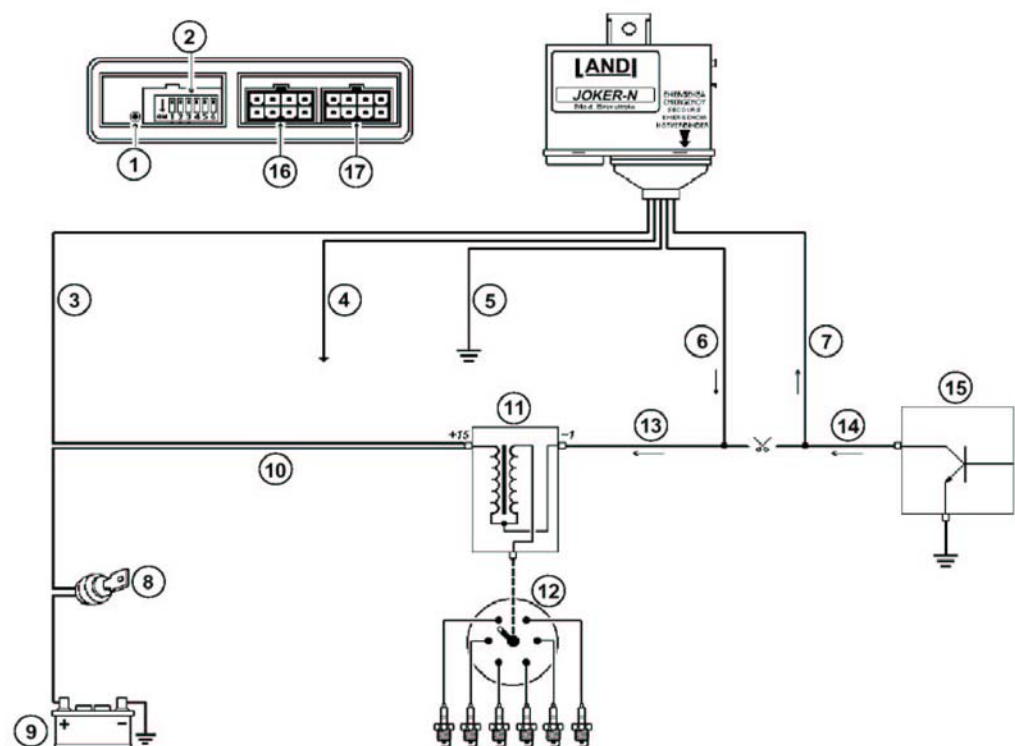
6.3.2 Instalación del Variador de Avance. Una de las características de la mezcla Aire - Gas Natural es la velocidad de la llama, que es más lenta en comparación a la mezcla Aire –Gasolina. Esto quiere decir que la llama enciende más lentamente. Debido a esto se hace necesario modificar el sistema de avance de encendido original del vehículo, cuando este trabajando con GNCV. Esto se logra mediante el uso de un dispositivo electrónico de control llamado Variador de Avance. La figura 64 muestra claramente lo que ocurre en las dos situaciones.

Figura 64. Comparación de Avance de chispa, para Gasolina y Gas Natural Comprimido.



El variador de avance se puede instalar en la parte posterior de la consola porta objetos, o de acuerdo a las especificaciones del fabricante y de las características técnicas del motor donde se instalará. La figura 65 muestra las conexiones eléctricas del variador de avance.

Figura 65. Variador de Avance y sus conexiones



1) LED CONEXION AVANCE (led encendido, avance conectado).

2) Microinterruptores para la regulación: nro. cilindros, grados de Avance y para exclusión avance al mínimo o deceleración.

3) HILO ROJO para ser conectado al + 12 V bajo llave (+ 15) de la bobina de ignición (11). El contacto (+ 15) de la bobina (11) está conectado mediante el hilo (10) a la llave de encendido (8) y de ésta al positivo de la batería (9) de manera que haya alimentación sólo con el cuadro conectado.

4) HILO AZUL para ser conectado al hilo AZUL salida GAS.

5) HILO AMARILLO - VERDE para ser conectado a MASA.

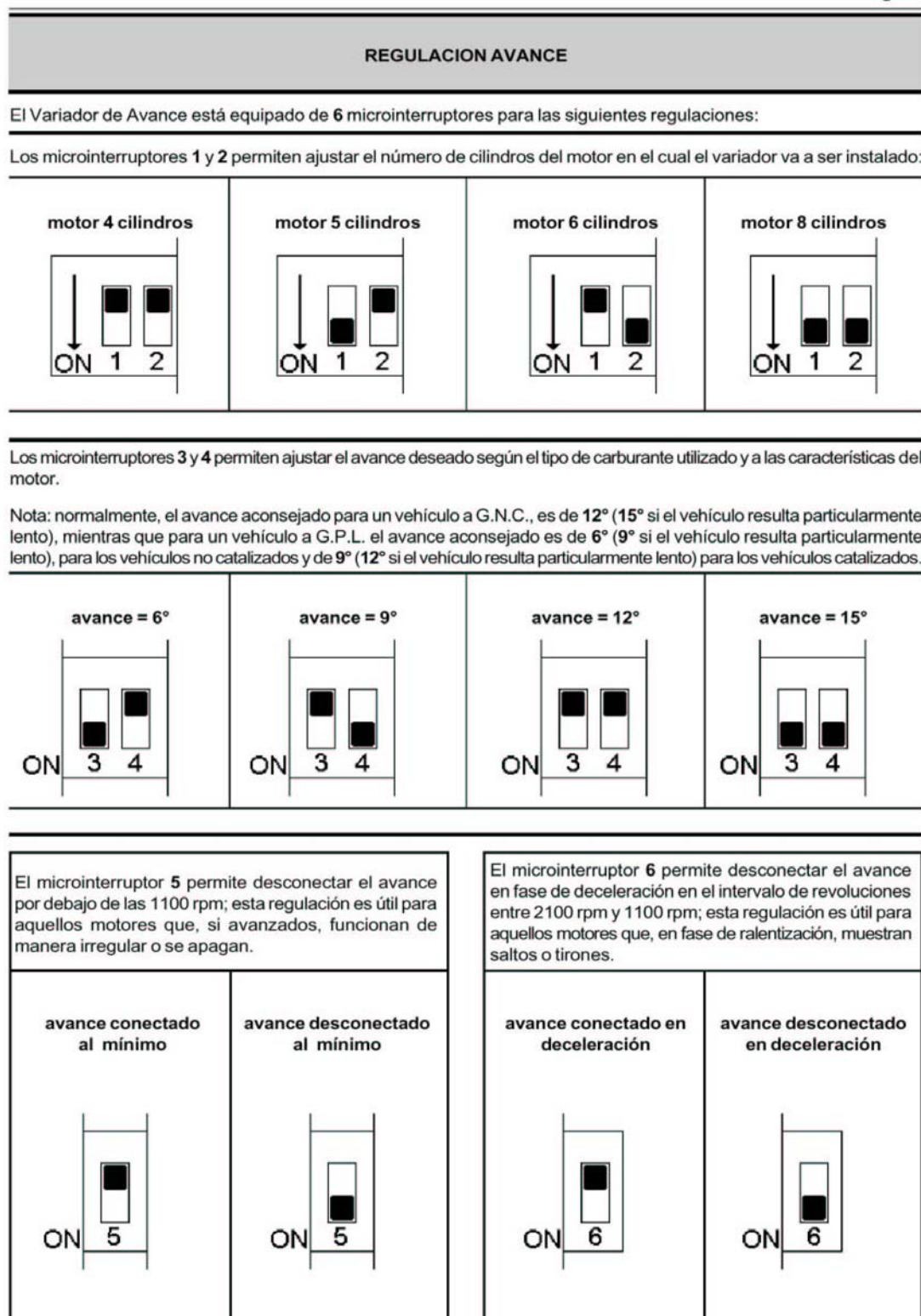
6) HILO MARRON (señal de salida del Variador) para ser conectado al hilo (13) negativo de la bobina (11).

7) HILO NEGRO (señal de entrada del Variador) para ser conectado al hilo (14) que sale del módulo de ignición (15).

11) Bobina de ignición conectada al distribuidor (12) mediante un cable de alta tensión.

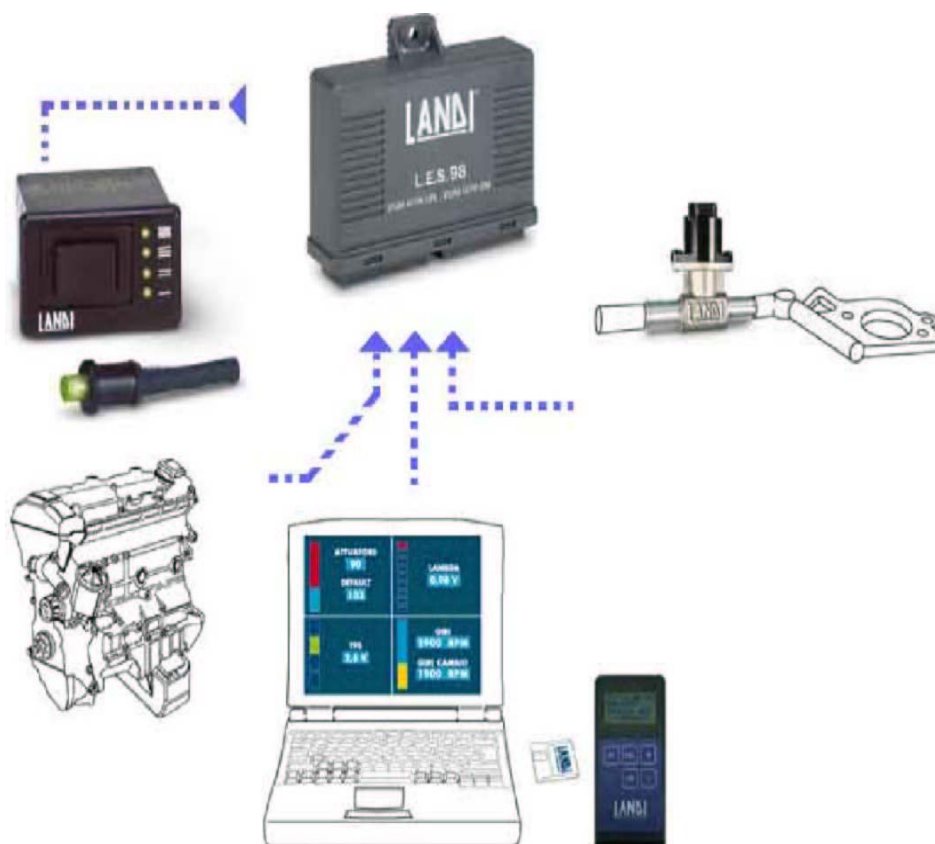
16) Conector principal (color blanco).

Figura 66. Diferentes posiciones del Variador de Avance



6.3.3 Instalación del control de mezcla LES- 98. El sistema LES – 98 Lambda Ecologic System, Se utiliza para controlar la mezcla en vehículos de inyección catalizada, utilizando la información proveniente del sensor de oxígeno, y un microprocesador incorporado que controla el cambio de gasolina a gas, las funciones de seguridad como cerrar el paso de gas cuando el motor se apaga accidentalmente. Gracias a este sistema, se puede lograr una regulación más exacta del combustible en aceleración y desaceleración. Ver figura 67.

Figura 67. Sistema LES-98

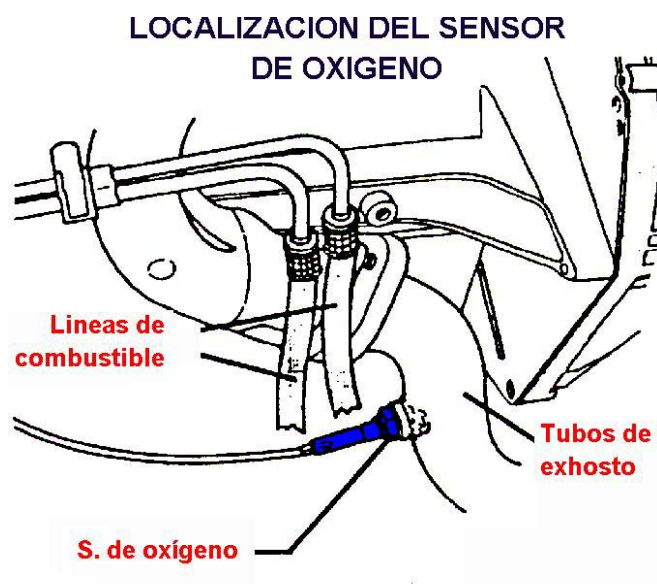


Para la instalación del sistema LES- 98 Se deben seguir las instrucciones del fabricante, de acuerdo a las características técnicas del vehículo. Como todos los componentes del sistema de

control debe estar protegido contra humedad, escapes de aceite o combustible lo mismo que de golpes o vibraciones.

6.3.4 Instalación del Sensor de Oxígeno. Se instala en la unión conjunta de todos los ductos de escape. Es básicamente una celda electroquímica que atrae iones de oxígeno y su función es la de medir el oxígeno sobrante de la combustión, y enviar la señal al microcomputador para que realice los ajustes correspondientes. Ver figura 68.

Figura 68. Instalación del sensor de oxígeno



6.3.5 Instalación del motor pasó a paso. Se instala en la manguera de baja presión entre el regulador y el mezclador, lo más cerca posible del mezclador. Controla el flujo de gas de acuerdo a las informaciones recibidas del sensor de oxígeno y el TPS. Ver figuras 69 y 70.

Figura 69. Motor paso a paso

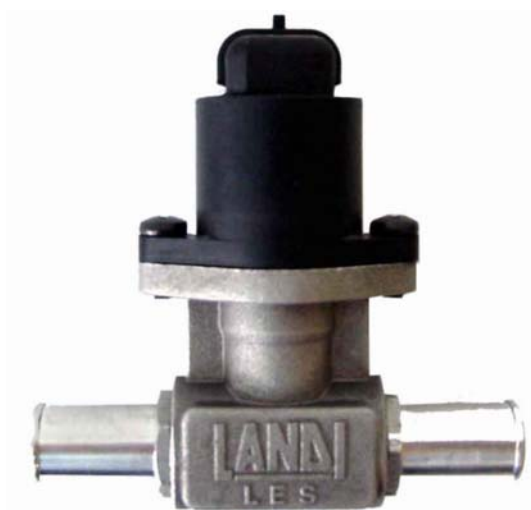
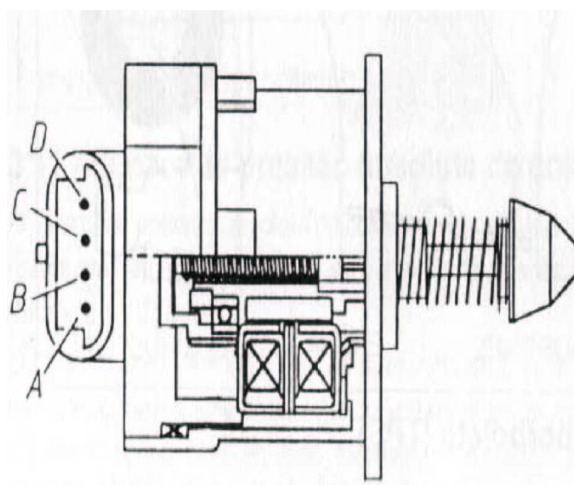
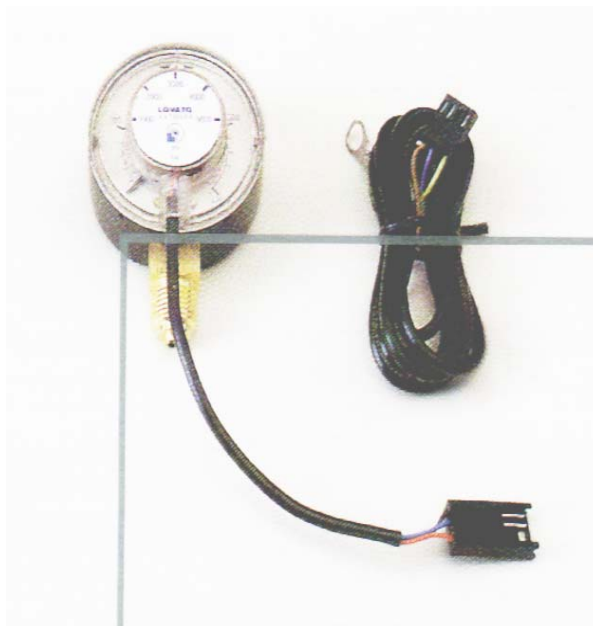


Figura 70. Diagrama motor paso a paso



6.3.6 Instalación del manómetro. Se Instala en el compartimiento del motor en un lugar visible desde el punto de llenado. El manómetro permite verificar la cantidad de gas existente en los cilindros y la presión a la que este se encuentra. Ver figura 71.

Figura 71. Manómetro de presión



Se instala sobre la línea de alta presión, en los últimos manómetros se ha adicionado un sensor tipo potenciómetro que detecta si la presión de los cilindros es demasiado baja y cambia automáticamente de combustible. Se debe instalar firmemente para evitar daños por vibración, y estar protegido de impactos por la estructura del vehículo.

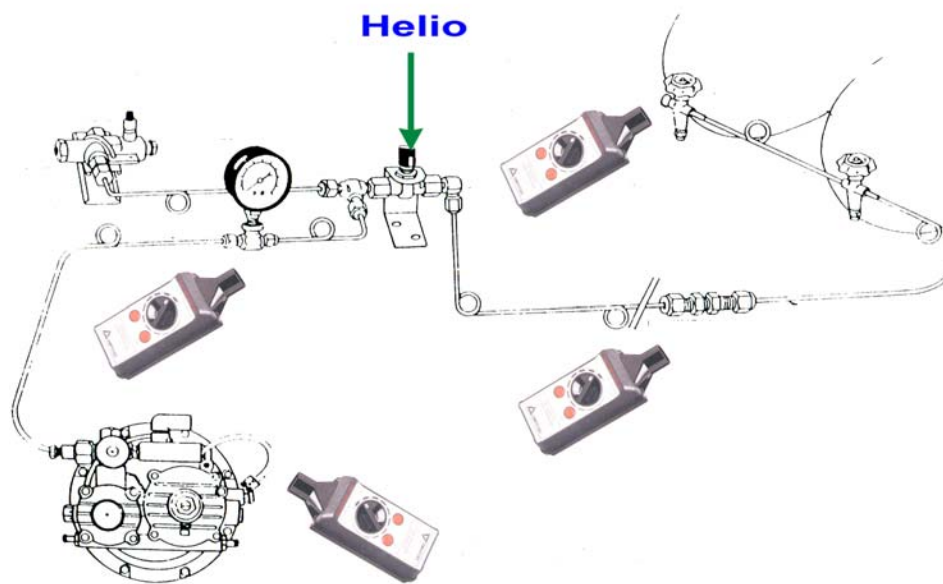
7. PROCESO DE POST-CONVERSION

Este capítulo cubre los procedimientos que se deben realizar para verificar que el vehículo convertido a GNCV trabaje eficientemente, y que todo el equipo instalado este en perfecto acoplamiento con los elementos originales del motor. Se verifica el trabajo realizado en los dos procedimientos anteriores como son La Pre-conversión y la Conversión, mediante un chequeo minucioso de cada uno de sus componentes para comprobar que no presenten ningún tipo de fallas, y en caso de presentarse se debe proceder a corregirlas.

Los pasos a seguir en la Post-conversión son:

7.1 PRUEBAS DE FUGAS EN TODO EL SISTEMA DE GNCV

Figura 72. Prueba de fugas con Helio



Una vez que el vehículo ha sido convertido al sistema Bi-combustible se le realiza una primera prueba con aire ó nitrógeno y luego una segunda prueba con gas natural a una presión de trabajo de 3000 Psi. Una vez realizadas estas pruebas y con el motor apagado se prepara una solución espumosa (agua con potasa) y se observa si hay salida de burbujas en los cilindros (cuello y válvula), en las tuberías y mangueras uniones y acoples entre la válvula de cilindro con la válvula de llenado y entre la válvula de llenado y el regulador.

Para verificar las posibles fugas en el reductor de presión, se debe poner el motor en marcha, y se realiza el procedimiento anterior. Entre el acople y manómetro, entre la electro válvula y el regulador, y entre el diafragma y el acople de la entrada de gas al regulador.

7.2 CHEQUEO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

El cilindro debe estar herméticamente asegurado al herraje evitando que halla rozamientos entre sus partes metálicas, que el elemento aislante ó caucho quede bien ajustado al cilindro, con sus abrazaderas y tortillería adecuada, y en el sitio requerido de acuerdo a las normas. Por último se debe revisar que la válvula del cilindro este funcionando correctamente.

7.3 CHEQUEO DE MARCHA RALENTÍ

Disminuir o aumentar el flujo de gas, graduando el tornillo de ralentí hasta que el funcionamiento del motor sea estable, esto se hace cuando el sistema tenga una carga mínima de 2000 Psi.

7.4 Selector-Indicador de Combustible

Verificar que su funcionamiento este acorde a las especificaciones del fabricante para el tipo de vehículo.

7.5 ELECTRO VÁLVULAS DE COMBUSTIBLE

Estar atento para que las electro válvulas ya sea de gasolina ó gas estén en su posición correcta, si la una está abierta la otra debe permanecer cerrada.

7.6 AVANCE DEL ENCENDIDO

Se debe chequear tanto el avance de encendido con gasolina y con gas para determinar que la diferencia en grados en marcha ralentí, aceleración y marcha cruceo sean las requeridas para un buen funcionamiento de encendido.

7.7 EMULADOR DE INYECTORES

Revisar que se hayan seguido las instrucciones del fabricante para configurarlo según su aplicación.

7.8 PRUEBA DEL VEHÍCULO EN CARRETERA.

Mirar la estabilidad del motor del vehículo, que la aceleración sea uniforme, de lo contrario regular el caudal de GNCV y chequear el avance de la chispa.

Revisar el comportamiento del vehículo a diferentes velocidades de marcha crucero, si presenta fallas se debe regular el máximo caudal de trabajo y el avance de la chispa.

En la desaceleración del motor que su funcionamiento sea uniforme al retornar a marcha ralentí, o de lo contrario regular el caudal de marcha ralentí.

7.9 REVISIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

Se deben revisar que todas las conexiones eléctricas estén acordes a planos y especificaciones del fabricante.

Otros puntos a tener en cuenta en la Post-conversión:

Control de estanqueidad abrazaderas agua y gas

Control de carburación por medio de analizador de gases

Estanqueidad en sistema de ventilación.

BIBLIOGRAFIA

ALTERNATIVE FUEL DATA CENTER AFDC. Alternative Fuel and Advance Technology Vehicles Auto Service and Repair. [En línea]. USA: AFDC, 2000. [Citado: 12 oct. 2003]. Disponible Por internet: [Http://persweb.direct.ca/aschwenk/diagnostictests.htm](http://persweb.direct.ca/aschwenk/diagnostictests.htm)

CENTRO DE DESARROLLO PRODUCTIVO DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA AUTOMOTRIZ. Electricidad y Electrónica Automotriz----- Manual de mantenimiento Básico para vehículos convertidos a GNCV ----- procedimientos de preconversión. Barranquilla, 2002. pag. 1 - 52

CHEVROLET COLMOTORES. Presentación gas Natural Vehicular. Conversión de Vehículos Gas Natural Comprimido S A Manual del Usuario. Barranquilla , 2002. pag. 10 – 80

EUROPEAN NATURAL GAS VEHICLE ASSOCIATION. Natural Gas as a Clean Transportation Fuel. [En línea]. Viena: ENGVA, 2001. [Citado: 02 nov. 2003]. Disponible por internet: www.engva.org/view.phtml?page=34.phtml

INDIAN ROAD CONGRESS. Alternative fuels (CNG) for pollution free Delhi. [En línea]. DELHI, 2001. [Citado: 29 oct. 2003]. Disponible por internet: www.irc.org.in/technicalpapers/2.ht

OKLAHOMA NATURAL GAS. Natural Gas Vehicles. USA, 2001. [Citado: 18 nov. 2003]. Disponible por internet: www.ong.com/business/naturalgasvehicles.jsp#top

OBERT, Edward f. Motores de Combustión Interna. 2 ed. Méjico: Compañía editorial Continental, S. A. 1,979. p. 26-42, 200-213.

PUBLIC ACCESS NETWORKS CORPORATION. Alternative fuels. USA, 2000. [Citado: 22 sept. 2003] Disponible por internet: www.panix.com/~danielc/world/fuel.htm

STOCKEL, Martin W y Stockel, Martin T. Auto Mechanics Fundamentals. Estados Unidos. 1982. p. 53-79, 119-183.

ANEXO 1

NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS QUE REGULAN EL GNCV.

Norma Técnica Colombiana NTC 4821 2000 – 06 – 21

Instalación de componentes del equipo completo para vehículos con funcionamiento dedicado.
GNC, o dual Gasolina - GNC.

Norma Técnica Colombiana NTC 4828

Métodos Para inspección de cilindros y sus sistemas de montaje empleados en vehículos que operan con GNC.

Norma Técnica Colombiana NTC 4830 2000 – 11 – 22.

Componentes del sistema de combustible para vehículos que funcionan con GNC.

Norma Técnica Colombiana NTC 3847

Cilindros para GNC utilizado como combustible automotor.